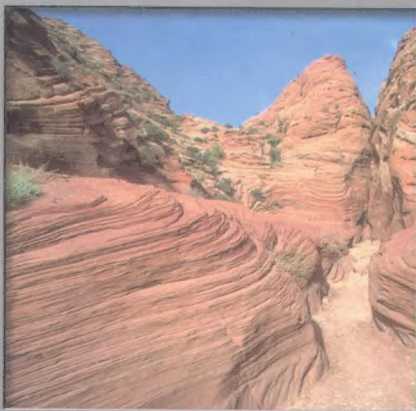


الجيولوجيا الفيزيائية والتاريخية



٢٩

الدكتور
حافظ شمس الدين عبد الوهاب



دار الفكر العربي

الجيولوجيا

الفيزيائية والتاريخية

ترجمة

الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب

أستاذ الجيولوجيا بكلية العلوم جامعة عين شمس

عضو المجتمع العلمي المصري

خبير مجمع اللغة العربية

زميل جامعه بسنغافيا بالولايات المتحدة الأمريكية

الطبعة الأولى
١٤٢٧هـ / ٢٠٠٦م

ملتزم الطبع والنشر

دار الفكر العربي

٩٤ شارع عباس المقاد - مدينة نصر - القاهرة

ت: ٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥

٦ شارع جواد حنى - ت: ١٦٧.٣٩٣

www.darelfikrelarabi.com

INFO@darelfikrelarabi.com

هذه ترجمة لكتاب

GEOLOGY

Made Simple

تأليف

WILLIAM MATTHEWS

HEINEMANN : LONDON (1993).

ترجمة

الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب

أستاذ الجيولوجيا بكلية العلوم جامعة عين شمس

مراجعة

الدكتور محمد يوسف حسن

أستاذ الجيولوجيا بكلية العلوم جامعة عين شمس

عضو مجمع اللغة العربية

٥٥، ١

ح ا ج

حافظ شمس الدين عبد الوهاب، مترجم.

الجيولوجيا الفيزيائية والتاريخية = Geology madesimple

[تأليف] William Matthews؛ ترجمة حافظ شمس الدين عبد

الوهاب؛ [مراجعة] محمد يوسف حسن. - القاهرة: دار الفكر

العربي، ٢٠٠٦م.

٥٧٩ ص؛ إض ٢٤ سم. - (سلسلة الفكر العربي لمراجع

العلوم الأساسية).

بيولوجرافية: ص [٥٦٩] - ٥٧٧.

يشتمل على ملاحق وكشاف.

يشتمل على معجم المصطلحات الجيولوجية المستعملة في الكتاب.

تدمك : ٦ - ٢٠٥٣ - ١٠ - ٩٧٧.

١- الجيولوجيا الفيزيائية. ٢- الجيولوجيا التاريخية.

أ- محمد يوسف حسن، مراجع. ب - العنوان .

ج- السلسلة.

جمع إلكتروني وطباعة



تصميم وإخراج فني

دنيا إبراهيم حسين

رقم الإيداع ٣٤٢٦ / ٢٠٠٦

تقديم السلسلة

الحمد لله رب العالمين.. خلق الإنسان، علمه البيان،
والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا محمد النبي الأمي العربي الصادق
الأمين، وعلى آله وصحبه والتابعين بإحسان إلى يوم الدين.
أما بعد،

فإن اللغة - أي لغة - هي وسيلة التواصل الفكرى بين أبناء الأمة الواحدة، وهي
فى الوقت نفسه تمثل حاجة ملحة، وضرورة لا غنى عنها لكل أمة تشرع فى النهوض
من كبوتها وتسعى إلى اللحاق بركب الحضارة، مؤمنة بالدور الأساسى للعلوم الأساسية
والتطبيقية والتقنية فى صنع التقدم والرفق.

هذه الحقيقة التاريخية استوعبها علماء الحضارة العربية الإسلامية عندما ترجموا
معارف السابقين إلى اللغة العربية، واستوعبها أيضا الغربيون عندما ترجموا علوم
الحضارة العربية الإسلامية فى أوائل عصر النهضة الأوروبية الحديثة، وتعيها اليوم كل
الأمم التى تدرس العلوم بلغاتها الوطنية، فى سعى حثيث نحو المشاركة الفعالة فى إنتاج
المعرفة وتشييد صرح الحضارة المعاصرة.

ولقد أضحى أمر تعريب العلم والتعليم ضرورة من ضرورات النهضة العلمية
والتقنية التى تشدها أممنا العربية الإسلامية لكى تستأنف مسيرتها الحضارية بلغة القرآن
الكريم الذى حفظها قوية حية فى النفوس على الرغم من الوهن الذى أصاب أهلها،
وما ذلك إلا لأن الله - سبحانه وتعالى - قد خصها بصفات تميزها على غيرها، وكفلها
بحفظه حين تكفل بحفظ قرآنه العظيم.

والحديث عن هذه الضرورة الحضارية لتعريب العلم والتعليم قد تجاوز الآن مرحلة
الإنعاز بالأدلة والبراهين المستقاة من حقائق التاريخ ومعطيات الواقع المعاش، وعليه أن
يتقل إلى مرحلة التخطيط والتنفيذ، وفق أسس وضمانات منهجية مدروسة، وعن طريق
آليات ومؤسسات قادرة على إنجاز المشروع الحضارى الكبير؛ ذلك أن اجتياز حالة
التخلف العلمى والتقنى التى تعيشها الأمة العربية والإسلامية يجب أن يصبح هدفا
عززا تُستحث لأجله الهمم، وتستثار الغرائم.

وإطار الفكر العربي - من جانبها - قد استشعرت خطورة تأخير هذا المشروع الحضارى الكبير، فسعت جاهدة إلى تحقيق الهدف النبيل، وشرعت فى إعداد «سلسلة مراجع العلوم الأساسية» فى مجالات الكيمياء والفيزياء والرياضيات والفلك والجيولوجيا وعلوم الحياة، بحيث تخاطب قارئ العلوم فى مراحل العمر المختلفة بصورة عامة، وطلاب المرحلتين الثانوية والجامعية على وجه الخصوص، فى ضوء الاهداف الآتية:

• ربط المادة العلمية بما يدرسه الطلاب فى مناهجهم الدراسية، وعرضها على نحو يوافق التصور الإسلامى للمعرفة، ويحقق أهداف وغايات التربية الإسلامية الرشيدة.

• إثراء الثقافة العلمية لدى الطلاب والارتقاء بذوقهم العلمى مع تنمية الجانب التجريبي والتطبيقي لتعويدهم حسن الاستفادة من كل ملكات الفكر والعمل التى وهبها الله - سبحانه وتعالى - للإنسان.

• إبراز الدور الرائد الذى قام به علماء الحضارة العربية الإسلامية - قديما وحديثا - فى دفع مسيرة التقدم العلمى.

• تتبع نمو المفاهيم العلمية وصولا إلى أحدث الكشوف والمخترعات، وذلك بهدف غرس منهجية التفكير العلمى لدى الطلاب، وتوسيع مداركهم إلى أبعد من حدود الموضوعات الدراسية المقررة عليهم.

• الالتزام بما أقرته مجامع اللغة العربية من مصطلحات علمية، ويفضل أكثرها شيوعا مع ذكر المقابل الأجنبى.

وقد عهدت **إطار الفكر العربي** بالمسئولة العلمية إلى هيئة استشارية تتولى التخطيط لإصدارات هذه السلسلة، واستكتاب أهل الخبرة والاختصاص من علماء الأمة ومفكرها، ومناقشة الأعمال المقدمة قبل صدورها.

﴿رَبَّنَا لَا تُرِغْ قُلُوبَنَا بَعْدَ إِذْ هَدَيْتَنَا وَهَبْ لَنَا مِنْ لَدُنْكَ رَحْمَةً إِنَّكَ أَنْتَ الْوَهَّابُ﴾ [آل عمران].

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

أحمد فؤاد باشا

اللجنة الاستشارية لسلسلة الفكر العربي

لمراجع العلوم الأساسية

- أ. د أحمد فؤاد باشا استاذ الفيزياء ونائب رئيس جامعة القاهرة السابق وعضو رئيس اللجنة
المجمع العلمى المصرى وعضو مجمع اللغة العربية.
- أ. د محمد عبد الفتاح القصاص استاذ علم النبات . بعلوم القاهرة، وخبير البيئة العالمى
عضوا وعضو المجمع العلمى المصرى.
- أ. د عبد الحافظ حلمى محمد عميد علوم عين شمس الأسبق، واستاذ البيولوجيا
عضوا وعضو مجمع اللغة العربية.
- أ. د أحمد مدحت إسلام استاذ الكيمياء . العميد الأسبق لعلوم الأزهر وعضو
عضوا مجمع اللغة العربية.
- أ. د على على المرسى استاذ علم الحشرات . جامعة القاهرة . عضو المجمع
عضوا العلمى المصرى.
- أ. د الإمام عبده قبية استاذ علم النبات . ووكيل كلية العلوم جامعة القاهرة
عضوا لشؤون الدراسات العليا والبحوث سابقا.
- أ. د أحمد مختار أبو خضرة استاذ الجيولوجيا . وعميد كلية العلوم جامعة القاهرة سابقا.
عضوا
- أ. د محمد أمين سليمان استاذ الفيزياء . علوم القاهرة.
عضوا
- أ. د عبد الشافى فهمى عبادة استاذ ورئيس قسم الرياضيات . كلية علوم الأزهر.
عضوا
- أ. د محمد أحمد الشهاوى رئيس قسم الفلك والأرصاد الجوية . كلية العلوم جامعة
عضوا القاهرة.
- أ. د شريف أحمد خيرى استاذ الفيزياء . كلية العلوم القاهرة.
عضوا

مدير التحرير: الكيمياء: أمين محمد الخضرى

المهندس: عاطف محمد الخضرى

سكرتير اللجنة: عبد الحليم إبراهيم عبد الحليم

جميع المراسلات والاتصالات على العنوان التالى:

دار الفكر العربى

سلسلة الفكر العربى لمراجع العلوم الأساسية

٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة

ت: ٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥

www.darelfikrelarabi.com

INFO@darelfikrelarabi.com

مقدمة

بالرغم من أن دراسة الجيولوجيا تعد من الموضوعات الجديدة بالاهتمام، حيث تشعب فروعها وتنوع لتشمل أكثر من عشرين تخصصا، منها على سبيل الذكر الجيولوجيا الاقتصادية وجيولوجيا البترول والزلازل والبراكين وجيولوجيا البيئة والجيولوجيا الطبية وغيرها. إضافة إلى أن علم الجيولوجيا صار مرتبطا بشكل كبير مع علوم الهندسة والتعمير وعلوم الفضاء والمحيطات والاستشعار من بعد والعلوم العسكرية. إلا أنه، ومع الأسف، لا تضم المكتبة العربية مؤلفات أو كتب مترجمة عن علم الجيولوجيا سوى عدد قليل لا يتجاوز عدد أصابع اليدين، إضافة إلى ذلك فإن هذه الكتب المؤلفة أو المترجمة لا تتضمن إلا موضوعات قليلة معينة، مثل تأليف أو ترجمة كتاب من علم المعادن أو الحفريات أو الصخور... وهكذا، فلم تعرف المكتبة العربية كتابا مرجعيا متكاملا تقريبا في علم الجيولوجيا يضم الفروع المتشعبة للجيولوجيا في مجلد واحد. وكانت أول محاولة لإصدار كتاب مرجعي شامل في الجيولوجيا، حين قمت بترجمة كتاب **Geology, made simple** بتكليف من أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا والذي صدر في نهاية عام ٢٠٠٢ ليلى مطلباً ملحا في المكتبة العربية، وسرعان ما نفدت نسخ الكتاب في غضون شهرين.

وإذا كانت «نظر الفكر العربي» قد أخذت على عاتقها واستمرارا لرسالتها في إثراء المكتبة العربية بالكتب والمراجع المؤلفة أو المترجمة لفروع العلم وتطبيقاتها، أن تتكفل بإصدار هذا الكتاب في طبعة جديدة وإصداره قشبية، فإنها تكون قد فتحت الطريق لتشجيع إثراء المكتبة العربية بالمراجع والكتب القيمة التي تساعد على تفهم أفضل للعلوم وتطبيقاتها بطريقة ميسرة، وتدفع الهمم بين العلماء للكتابة باللغة العربية تأليفا وترجمة، وخاصة أننا أحوج ما نكون إليها في هذا الوقت بالذات، الذي تتصارع فيه أمة اللغة العربية مع تحديات كثيرة تحاول بهاءه وسوء قصد طمس الهوية العربية، لكن اللغة العربية باقية بإذن الله وبفضله ويجهد أبناءها الذين يدعمونها ويضيفون إليها ما نضج على صبرهم وجهدهم وحرارة إيمانهم برسالتهم للحفاظ على اللغة العربية شامخة سامقة.

إن باب الترجمة والتأليف باللغة العربية، قد يكون شاقا في مجال العلوم، لكنه ليس مستعصيا أو مستحيلا. ولا أزعم أنني وجدت الباب مفتوحا لترجمة كتاب مرجعي في الجيولوجيا من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية. فالكتاب يضم بين جناحيه قسمين كبيرين هما الجيولوجيا الفيزيائية بكل تشعباتها والجيولوجيا التاريخية بكل أقسامها، بل إنني وجدت الباب مغلقا فعالتجت حتى الفتح، وتركته مفتوحا لمن يريد الولوج، وهو لا شك في حاجة إلى إرادة وهمة وإيمان بقيمة العمل ومردوده في دعم مسيرة اللغة العربية وسط هذا البحر العاتى من تغريب اللغة العربية. إن دعم مسيرة تغريب العلم لتوطينه بين أهله يعد واجبا قوميا وضرورة وطنية ملحة، حتى لا تصبح اللغة العربية مغيبة في أوطانها ومهمشة بين أهلها، وبالرغم من أن المسيرة شاقة وطويلة، لكن أولها خطوة ضيقة لا بد أن تتخذ، والقيث المنهمر يبدأ بقطرة صغيرة.

وهنا الكتاب رغم بساطته في الأسلوب، إلا أن شموليته سوف تقيد الطالب الجامعي وفارس الجيولوجيا بصفة عامة، أو القارئ الذي يبحث عن الثقافة العلمية الراقية بأسلوب علمي مبسط يسهل استيعابه وهضمه بيسر.

إضافة إلى ذلك فقد زود الكتاب بالرسوم الإيضاحية المبسطة التي تساعد على تفهم الموضوعات أكثر وأكثر. كما زُود بمعجم للمصطلحات الجيولوجية التي وردت في الكتاب في الصورة التي أقرها واعتمدها مجمع اللغة العربية بالقاهرة ومجامع اللغة العربية على مستوى العالم العربي كله.

وأود أن أتوجه بالشكر والامتنان للأستاذ الدكتور عبد الحافظ حلمي محمد أستاذ علم الحيوان بكلية العلوم جامعة عين شمس، عضو مجمع اللغة العربية على كريم اقتراحاته في أثناء الإعداد لطباعة الكتاب.

أرجو أن يعود هذا العمل بالفائدة المرجوة على كل دارس للجيولوجيا أو قارئ لها باللغة العربية، وأن يكون الله عوننا لنا على نشر العلم وتفهمه وتوطينه، وأن يوفق كل جهد مخلص يدعم العلم بلغته العربية مؤلفا أو مترجما، وأرجو الله أن يجعل هذا العمل خالصا لوجهه الكريم، إنه اعظم مسؤول وأكرم مأمول.

والحمد لله رب العالمين،،،،

حافظ شمس الدين عبد الوهاب

القاهرة: محرم ١٤٢٧هـ

فبراير ٢٠٠٦م

مترجم الكتاب

الأستاذ الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب

أستاذ الجيولوجيا بكلية العلوم جامعة عين شمس

عضو الجمع العلمي المصري

خبير مجمع اللغة العربية

زميل جامعة بنسلفانيا بأمريكا

تخرج الدكتور حافظ شمس الدين عبد الوهاب في كلية العلوم وحصل على درجة البكالوريوس في الكيمياء والجيولوجيا بمرتبة الشرف ودرجة الماجستير في العلوم في الجيولوجيا (تخصص معادن وجيوكيمياء) ودكتوراه الفلسفة في الجيولوجيا في الصخور والمعادن. كذلك حصل على دراسات عليا ودبلوم في الجيولوجيا المتقدمة من الكلية الإمبراطورية للعلوم والطب والتكنولوجيا بجامعة لندن بإنجلترا، وأيضاً حصل على درجة الزمالة من كلية دراسات البيئة بجامعة بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية.

عمل الدكتور حافظ شمس الدين معيدا بجامعة أسيوط ثم انتقل إلى كلية العلوم جامعة عين شمس، حيث عمل معيدا بها وتدرج في سلك هيئة التدريس حتى رقي إلى درجة أستاذ الجيولوجيا (تخصص جيوكيمياء ومعادن الصخور الرسوبية) حتى الآن.

في خارج مصر، عمل الدكتور حافظ شمس الدين باحثاً زائراً في قسم المعادن بجامعة لوراند أدهوش بجمهورية الجروفي قسم الرسوبيات بالكلية الإمبراطورية بلندن، وفي قسم الرسوبيات وجيولوجيا البحار بمعهد سمثونيان بواشنطن بأمريكا، كذلك عمل أستاذاً محاضراً في معهد علوم الأرض بجامعة الجزائر للعلوم والتكنولوجيا بالجمهورية الجزائرية وأستاذاً محاضراً وزميلاً بكلية دراسات البيئة بجامعة بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية.

في داخل مصر قام بالتدريس في جامعات عين شمس وأسيوط والمنصورة والمنوفية والزقازيق لطلاب مراحل البكالوريوس والدبلوم العالي والماجستير، إضافة إلى

إشرافه على قسم العلوم الطبيعية والبيولوجية بمعهد الدراسات والبحوث البيئية بجامعة عين شمس وكذا رئاسة شعبة الجيولوجيا بكلية التربية بينها.

الدكتور حافظ شمس الدين عضو بالجمعية العلمية المصرية وخبير في مجمع اللغة العربية منذ أكثر من سبع عشرة سنة ويشارك في تحرير الموسوعات (دوائر المعارف) التي تصدرها الأردن والكويت. وفي داخل مصر شارك في إصدار أول موسوعة عربية عالمية مؤلفة وكان مديراً لتحريرها، كذلك هو عضو في اللجنة القومية لتاريخ وفلسفة العلوم باكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا وعضو في اللجنة الوطنية لليونسكو. وهو أيضاً عضو في الجمعية المصرية لتعريب العلوم، ومحكم في منح جوائز الدولة في علوم البيئة.

في مجال البحث العلمي أشرف على ١٨ رسالة لدرجتي الماجستير والدكتوراه في مجالات الصخور الرسوبية والمعادن المشعة وجيولوجيا المياه والجيوكيمياء وعلوم البيئة والأحجار وتكنولوجيا تطبيقات المعادن في الصناعة، أجازت جميعها، وقام بتحكيم العديد من رسائل درجتي الماجستير والدكتوراه في مختلف الجامعات المصرية والعربية، وهو محكم في العديد من المجلات العلمية العالمية المتخصصة في الجيولوجيا وعلوم البيئة.

نشر الدكتور حافظ شمس الدين أكثر من ٣٧ بحثاً علمياً في مجالات الجيولوجيا المختلفة نشرت في مجلات علمية عالمية تصدر في الولايات المتحدة الأمريكية وإنجلترا والنمسا وسويسرا والمجر وفرنسا وإيطاليا وكندا ومصر وهو عضو في العديد من الجمعيات العلمية في مصر وإنجلترا والولايات المتحدة الأمريكية.

إضافة إلى ذلك فالدكتور حافظ شمس الدين له إسهامات بارزة في الترجمة والتأليف ووضع المعاجم والمصطلحات باللغات العربية والإنجليزية والفرنسية في مصر والعالم العربي. وهو مدقق لغوي للعديد من الهيئات العلمية والمجلات المتخصصة في مجالات الجيولوجيا وعلوم التتمية والبيئة واللغة العربية.

المحتويات

الموضوع	الصفحة
- تقديم السلسلة	٣
- اللجنة الاستشارية	٥
- مقدمة	٧
- مترجم الكتاب	٩
- المحتويات	١١

القسم الأول الجيولوجيا الفيزيكية

٢٧	الفصل الأول: هذه الأرض كوكبنا
٢٨	١- طبيعة ومجال علم الجيولوجيا.
٢٩	٢- الجيولوجيا من حولنا.
٣٠	٣- دراسة الجيولوجيا.
٣٣	٤- الجيولوجيا الفيزيكية.
٣٤	٥- الجيولوجيا التاريخية.
٣٤	٦- الأرض في الفضاء.
٣٦	٧- شكل الأرض وأبعادها وحركاتها.
٣٨	٨- الأقسام الرئيسية للأرض.
٣٨	الغلاف الهوائي - الغلاف المائي - الغلاف الصخري.
٤٠	٩- المظاهر الفيزيكية الكبرى على الأرض.
٤٠	- الكتل القارية - أحواض المحيطات.
٤١	١٠- القوى الجيولوجية.

٤٣

الفصل الثاني: المعادن

٤٤

١- التركيب الكيميائي للمعادن.

٤٦

٢- البلورات.

٤٦

النظم البلورية - هيئة البلورة

٥١

٣- الخواص الفيزيائية للمعادن.

٥٢

الصلادة - اللون - الحكاكة - البريق - الوزن النوعي
التشقق - المكسر - التماسك - المذاق - الرائحة - الملمس
صفات فيزيائية أخرى.

٦٢

٤- المجهر البترولوجي.

٦٣

٥- المعادن عديمة التبلور.

٦٤

٦- المعادن المكونة للصخور.

٦٤

الفلسبارات - الكوارتز - الميكا - البيروكسينات - الأمفيبولات
الكالسيت - الدولوميت - الفلوريت - الأراجونيت - الجبس
الأنهيدريت - الهاليت - الكالوين - السرينتين - الكلوريت.

٧٤

٧- المعادن الفلزية (معادن الخامات).

٧٤

الألومنيوم - النحاس - الذهب - الرصاص - الزئبق - القصدير
الزنك - الحديد - النيكل - الكوبالت - الكروم المنجنيز -
المغنسيوم اليورانيوم.

٨٢

٨- المعادن اللافلزية.

٨٢

مواد السحج - الأسبستوس - الأسمنت - الجير والجبس
الصلصال - معادن المخضبات - الملح - الكبريت.

٨٥

الفصل الثالث: الصخور النارية والبركة

٨٥

١- الصخور المتدخلة (البلوتونية).

٨٦

الجرانيت - الجابرو - البريفوتيت - السيانيت - الديوريت.

- ٨٨ ٢- الصخور النابطة (البركانية).
- ٨٩ الفلسيت - البازلت - الحجر الخفاف - الأوسيديلان.
- ٩٢ ٣- أنسجة الصخور النارية.
- ٩٣ ٤- التركيب الكيميائي للصخور النارية.
- الصخور النارية الحمضية - الصخور النارية القاعدية.
- ٩٤ ٥- أشكال أجسام الصخور النارية.
- ٩٥ الجدد المقاطعة - الجدد الموازية - اللاكوليثات - الباثوليثات - الجذوع - عنق البركان - تكوين الصخور.
- ٩٨ ٦- البراكين.
- توزيع البراكين - نشاط البراكين.
- ١٠٠ ٧- النواتج البركانية.
- ١٠٠ الغازات - السوائل - المواد الصلبة.
- ١٠٢ ٨- الثوران البركاني.
- الثوران المركزي - ثوران الشقوق.
- ١٠٣ ٩- أنماط البراكين.
- ١٠٤ البراكين البلية - البراكين الفلكنية - البراكين الاسترومبولية البراكين الهاوية.
- ١٠٥ ١٠- أشكال سطح الأرض الناتجة عن النشاط البركاني
- ١٠٥ بلزت الهضاب (سهول اللابة) - الجبال البركانية - المخاريط الانفجارية
- المخاريط المركبة - قباب اللابة - فوهة البركان - الكالديرات.
- ١٠٨ ١١- مصادر الحرارة البركانية.
- ١٠٨ نظرية انطلاق الضغط - نظرية الحرارة - الاحتكاكية (التضاغط) نظرية النشاط الإشعاعي.

- ١٠٩ ١٢- الداخات والعيون الساخنة والحماة.
- ١١٠ ١٣- النشاط البركاني الحديث.
- ١١٣ الفصل الرابع: الصخور الرسوبية
- ١١٣ ١- الصخور الرسوبية الفتاتية.
- ١١٥ الطفلة - الحجر الرمل - الجريت - الجروق - الكوارتزيت -
الكونجلوميرات - البريشة.
- ١١٨ ٢- الصخور الرسوبية الكيميائية والعضوية.
- ١١٨ الحجر الجيري - الطباشير - كوكينا - الحجر الجيري الزئبقاني
- شعاب الأحجار الجيرية - الأحجار الجيرية السرخسية والبازالية
الترافرتين - الطوفا - الحجر الجيري الليثوجرافى - الدولوميت
المبخرات - الفحم - الراديولاريت - الليتاميت - حجر الحديد.
- ١٢٢ ٣- الخصائص الفيزيائية للصخور الرسوبية.
- ١٢٢ الميافية - النسيج - علامات النيم - تشققات الطين
الدنات الصخرية - الترجيل الصخرى - اللون - الحفريات.
- ١٢٧ الفصل الخامس: التحول والتحرف القشرى
- ١٢٧ ١- التحول بالتماس.
- ١٢٨ ٢- التحول الحرركى (الديناميكى).
- ١٢٩ ٣- تأثيرات التحول ونواتجه.
- ١٢٩ الصخور المتحولة المتورقة (الأردواز - الشهبمت - شهبمت
الميكاجارنت - الفيلليت - النيم). الصخور المتحولة غير المتورقة
(الكوارتزيت - الرخام - الأنثراسيت).
- ١٣٣ ٤- الحركات القشرية والتكتونية.
- ١٣٣ الحركات الإيبروجينية - الحركات الأوروغينية.

١٣٤	٥- البنيات الصخرية التي تسببها القوى التكتونية.
١٣٤	الاعوجاج - الملى - التشقق - الصدوع.
١٤١	٦- أدلة التحركات القشرية.
١٤١	٧- أسباب الحركات القشرية.
١٤٢	نظرية الانكماش - نظرية الحمل الحرارى
	نظرية الانجراف القارى - توازن القشرة الأرضية.
١٤٥	الفصل السادس: التجوية وتكوين التربة
١٤٥	١- التجوية الفيزيائية.
١٤٥	فعل الصقيع - التسخين والتبريد المتبادل - الأنشطة المضوية.
١٤٧	٢- التجوية الكيميائية.
١٤٧	الأكسدة - النمو - الكرىنة - الذوبان.
١٤٩	٢- معدلات التجوية.
١٤٩	تركيب الصخر - الظروف المناخية - الطوبوغرافيا
	البنيات التركيبية.
١٥١	٤- تأثيرات التجوية.
١٥١	التجوية التمايزية - التقشر - التجوية الكروانية - ركام السفوح.
١٥٣	٥- التربة.
١٥٤	جانبية التربة.
١٥٥	٦- تصنيف التربة.
١٥٧	الفصل السابع: العوامل الجيولوجية: الماء
١٥٧	١- الدورة الهيدرولوجية.
١٥٨	٢- نماذج الصرف وأنماط الأنهار.
١٦٠	٣- عمل الأنهار.

الصفحة	الموضوع
١٦١	٤- تحات النهر.
١٦١	السحج - التاكل أو الذوبان - الفعل الهيدروليكي الاشتلاعى البلى الاحتكاكى.
١٦٢	٥- معدل التحات.
١٦٢	حجم المجرى - الممال والمرعة - طبيعة الحمولة
١٦٣	٦- العمل التحاتى للنهر.
١٦٣	وديان الأخاديد النهرية والأخاديد الطبيعية المسارح ومساقط المياه - الحفر القدرية المنعطقات النهرية والبحيرات الهلالية الأنهار المجدولة.
١٦٧	٧- الأنهار عامل للنقل.
١٦٧	الحمولة الذاتية - الحمولة المائلة - حمولة القاع.
١٦٨	٨- الترسيب.
١٦٨	المراوح النهرية والمخاريط الطمبية - الدلتات - سهول الفيضان الشرفات النهرية - الضفاف الطبيعية.
١٧٠	٩- دورة التحات.
١٧١	١٠- دورة تحات وادى النهر.
١٧١	مرحلة الشباب - مرحلة النضوج - مرحلة الشيخوخة انقطاع دورة وادى النهر.
١٧٣	١١- دورة التحات الإقليمية.
١٧٥	مرحلة الشباب - مرحلة النضوج - مرحلة الشيخوخة انقطاع دورة التحات الإقليمية.
١٧٦	١٢- الماء الأرضى.
١٧٦	الماء المحبوس - منسوب الماء الأرضى.

١٧٧	١٣- منسوب الماء الأرضى.
١٧٩	١٤- أشكال المياه الأرضية.
١٧٩	الأبهر - الأبهر الإرتوازى - الينابيع - ينابيع الشقوق
	الينابيع الحارة - المراحل.
١٨١	١٥- التحات بالمياه الأرضية.
١٨١	الكهوف - ثقب حوضية - القناطر الطبيعية.
١٨٣	١٦- الترسيب بالمياه الأرضية.
١٨٣	رواسب الينابيع - رواسب الكهوف - المسمنة - الدرنات المسخريه
	الفجوات - رواسب الشقوق أو العروق - الإحلال أو التعجر.
١٨٦	١٧- المياه الأرضية والإنسان.
١٨٦	١٨- الأمطار.
١٨٧	الفصل الثامن: العوامل الجيولوجية: المثالج والرياح والجاذبية
١٨٨	١- أصل المثالج.
١٨٩	٢- أنواع المثالج.
١٨٩	مثالج الوادى - مثالج أقدام الجبال.
	شراشف الجليد أو المثالج القارية
١٩١	٣- حركة المثالج.
١٩٢	٤- التحات الثلجى.
١٩٣	التحات بفعل مثالج الوادى - التحات بالشراشف الجليدية.
١٩٦	٥- النقل الثلجى.
١٩٧	٦- الترسيب الثلجى.
١٩٩	المجرونات الجليدية المفترية
	الرواسب الطباقية أو رسوبيات الاكتساح.

٢٠٢	٧- أسباب حدوث العصور الجليدية.
٢٠٣	٨- عمل الرياح.
٢٠٤	٩- التحات بالرياح.
٢٠٤	التنرية - السحج.
٢٠٦	١٠- النقل بالرياح.
٢٠٧	١١- الترسيب بالرياح.
٢٠٧	الكتبان - هجرة الكتبان - أنواع الكتبان - الطيس.
٢١١	١٢- الحركة الكتلية للصخور والتربة.
٢١١	المياه - التجمد والانصهار - التقويض السفلى - النشاط العضوى موجات الارتطام.
٢١٢	١٣- الحركات السريعة.
٢١٣	ركام السفوح - الانزلاقات الأرضية - تدهور الصخور انسياب الطين - سيلان التربة.
٢١٤	١٤- الحركات البطيئة.
٢١٤	زحف التربة - سيلان التربة.
٢١٧	الفصل التاسع: المحيطات والخطوط الساحلية
٢١٧	١- تقسيم المحيطات.
٢١٨	٢- عمق المحيطات.
٢١٩	٣- تركيب مياه المحيط.
٢٢٠	٤- الحياة فى المحيط.
٢٢٠	٥- أرضية المحيط.
٢٢١	الرف القارى - المنحدر القارى - أرضية البحر العميقة.
٢٢٢	٦- حركات البحر.
٢٢٢	المد والجزر - التيارات - الأمواج.

٢٢٥	٧- التحات البحري.
٢٢٥	عمليات التحات البحري - معالم التحات البحري الكهوف والأقواس والقوائم البحرية.
٢٢٧	٨- النقل البحري.
٢٢٨	٩- الترسيب البحري.
٢٢٨	معالم تتكون بفعل الترسيب البحري.
٢٣٠	١٠- تطور خط الشاطئ.
٢٣٠	تقسيم جونسون - تقسيم شيبارد.
٢٣٤	١١- الشعاب المرجانية.
٢٣٧	الفصل العاشر: البحيرات والمستنقعات
٢٣٨	١- أصل أحواض البحيرات.
٢٣٨	تحركات القشرة الأرضية - النشاط البركاني - الثلج حركات الكتل - الأنهار - المياه الأرضية - الأمواج والقيطوات أسباب أخرى.
٢٤١	٢- أنماط البحيرات.
٢٤١	بحيرات الماء المذبذبة - البحيرات الملحة - بحيرات البليلا.
٢٤٢	٣- تدمير البحيرات.
٢٤٣	٤- المستنقعات.
٢٤٥	الفصل الحادي عشر: الزلازل وباطن الأرض
٢٤٥	١- أسباب الزلازل.
٢٤٦	٢- توزيع الزلازل.
٢٤٨	٣- آثار الزلازل.
٢٤٩	٤- زلازل تاريخية.

٢٥٣	٥- كشف وتسجيل الزلازل.
٢٥٤	تعيين موقع الزلزال.
٢٥٦	٦- أحجام الزلازل.
٢٥٦	شدة الزلزال - مقدار الزلزال.
٢٥٧	٧- باطن الأرض.
٢٥٧	القشرة - الوشاح - اللب.
٢٥٩	الفصل الثاني عشر: السهول والهضاب والجبال
٢٥٩	١- السهول.
٢٥٩	السهول البحرية أو الساحلية - سهول البحيرات
	السهول العظمى - سهول الأنهار - السهول المتلحية - سهول الالابة
٢٦٠	٢- بعض السهول البريطانية.
٢٦١	٣- الهضاب.
٢٦١	هضاب الصدوع - هضاب الرفع - هضاب الالابة.
٢٦٢	٤- الجبال.
٢٦٢	٥- أصل الجبال.
٢٦٣	الجبال البركانية - الجبال الطوية.
	جبال الصدوع أو الجبال الكتلية - الجبال المعقدة.
٢٦٥	٦- المخلفات التحاتية.
٢٦٧	الفصل الثالث عشر: الجيولوجيا والإنسان
٢٦٧	١- الوقود الحفري.
٢٦٨	الفحم - البترول.
٢٧٠	٢- المعادن الفلزية.
٢٧٢	٣- الصخور والمعادن الصناعية أو اللافلزية.

٢٧٢ ٤- الجيولوجيا الهندسية.

٢٧٢ ٥- الإنسان، العامل الجيولوجي.

٢٧٨

القسم الثاني الجيولوجيا التاريخية

٢٧٧ الفصل الرابع عشر: أصل الأرض وعمرها

٢٧٧ ١- أصل الأرض.

٢٧٧ الفرضية السديمية - فرضية الكويكبات - الفرضية المنيّة أو الفازية
التقدم الحديث في علم الكون.

٢٨٠ ٢- عمر الأرض.

٢٨٠ ٣- العمود الجيولوجي ومقياس الزمن الجيولوجي.

٢٨٢ وحدات مقياس الزمن - وحدات الصخور.

٢٨٥ ٤- قياس الزمن الجيولوجي

٢٨٦ ملوحة البحار - معدل الترسيب

٢٨٧ الطرق الإشعاعية، طريقة الكربون -١٤.

٢٨٩ الفصل الخامس عشر: سجل الصخور

٢٨٩ ١- مقاييس للماضي.

٢٩٠ مبدأ الوتيرة الواحدة - قانون تماكب الطبقات - العمر التسمي

للصخور النارية - قانون التتابع الفوني - المضاهاة - اللاتوافق -

الجغرافيا القديمة.

٢٩٥ ٢- الحفريات.

٢٩٦ ٣- أقسام علم الحفريات.

٢٩٧	٤- كيف تكونت الحفريات.
٢٩٧	مستلزمات التحفر.
٢٩٩	٥- ثقرات فى السجل الحفرى.
٣٠٠	٦- الأنواع المختلفة للبقايا الحفرية.
٣٠٠	الأجزاء الرخوة الأصلية للكائن الحى - الأجزاء الصلبة للكائن الحى الأجزاء الصلبة المتغيرة للكائنات الحية - آثار الكائنات الحية.
٣٠٦	٧- تصنيف الحفريات.
٣٠٧	٨- وحدات التصنيف.
٣٠٩	٩- استخدامات الحفريات.
٣١١	الفصل السادس عشر: الحياة فى العصور الماضية
٣١٢	١- تصنيف النبات.
٣١٢	عويلم النباتات الثالوسية - عويلم النباتات الجنينية.
٣١٤	٢- عالم الحيوان.
٣١٤	شعبة الأوليات - شعبة المسلمينات (الإسفنجيات) - شعبة الجوفعمويات - الديدان شعبة البريوزوا (الحزازانيات) - شعبة المسرجانيات شعبة الرخويات - شعبة الديدان الحلقية - شعبة المفصليات شعبة الجلدشوكيات - شعبة الحبليات.
٣١٣	الفصل السابع عشر: التطور: الحياة المتغيرة
٣١٥	١- نظريات التطور
٣١٥	نظرية وراثة الصفات المكتسبة - نظرية الانتخاب الطبيعي نظرية الطفرة.
٣١٦	٢- أدلة التطور.

٣٦٦	أدلة من علم التشريح المقارن - أدلة من علم الأجنة
	أدلة من التصنيف - أدلة من علم الچينات.
	أدلة من التوزيع الجغرافي - أدلة من علم الحفريات.
٣٦٩	الفصل الثامن عشر: تاريخ الأرض
٣٦٩	١- أحقاب ما قبل الكامبري.
٣٦٩	حقب الأركيوزوي - حقب البروتيروزوي.
٣٧٠	٢- حقب ما قبل الكامبري في بريطانيا.
٣٧٢	٣- حقب الباليوزوي.
٣٧٣	٤- الدور الكامبري.
٣٧٤	٥- الدور الأردوفيشي.
٣٧٦	٦- الدور السيلوري.
٣٧٩	٧- الدور الديفوني.
٣٨١	٨- الدور الكريوني.
٣٨٤	٩- الدور البرمي.
٣٨٥	١٠- حقب الميزوزوي.
٣٨٥	١١- الدور الترياسي.
٣٨٩	١٢- الدور الجوراسي.
٣٩٣	١٣- الدور الطباشيري.
٣٩٩	١٤- حقب الحياة الحديثة (الكاينوزوي).
٣٩٩	١٥- الدور الثالث.
٤٠١	١٦- الدور الرابع.
٤٠٧	الفصل التاسع عشر: التاريخ الجيولوجي للإنسان
٤٠٧	١- الرئيسيات الأولى.

٤٠٨	٢- القردة الشبيهة بالإنسان
٤٠٩	٣- من إنسان ما قبل التاريخ إلى الإنسان الحديث
٤٠٩	إنسان شرق أفريقيا - إنسان جاوة - إنسان نياندرتال
	الإنسان الحديث.
٤١٥	الفصل العشرون: تكتونية الألواح
٤١٥	١- الانجراف القارى.
٤١٨	٢- انتشار أرضية البحر.
٤٢٣	٣- تكتونية الألواح.
٤٢٤	الحدود البنائية - الحدود الهدامة - الحدود المحافظة
	الحركة اللوحية - مفاهيم لتطبيقات مستقبلية.
٤٣١	الفصل الحادى والعشرون: الخرائط الجيولوجية
٤٣٩	- الملاحق
٤٤١	ملحق (أ): الصفات الفيزيائية للمعادن التى وصفت فى الفصل
	الثانى من الكتاب.
٤٤٥	ملحق (ب): الصخور والمعادن والحفريات: من أين تجمع؟ وكيف؟
٤٥٢	ملحق (ج): موجز لمملكتى النبات والحيوان.
٤٦١	- معجم مصطلحات الجيولوجيا الواردة بالكتاب.
٥٤٣	- الكشف
٥٦٩	- المراجع

القسم الأول

PART 1

الجيولوجيا الفيزيائية

PHYSICAL GEOLOGY

الفصل الأول

هذه الأرض ... كوكبنا

THIS EARTH OF OURS

نحن نعيش فوق كوكب عجيب يسمى الأرض، ومع ذلك فإن معظمنا يعرف القليل فقط عن تركيبه وتاريخه . إننا نستغل نواتج التربة التى تكونت من عمليات تجوية الصخور، ونستخدم الفحم والغاز الطبيعى وزيت البترول، وكلها تكونت من بقايا نباتات وحيوانات ما قبل التاريخ، كذلك نستمتع بجمال الاحجار الكريمة التى أمدتنا بها الأرض . وإذا نظرنا إلى أهمية ما نحصل عليه من الأرض لتنمية الصناعة الحديثة، فإننا سوف نجد أن المصادر الضخمة للثروة المعدنية مثل الرصاص والحديد والفحم والبترول التى تستخرج من الأرض، أصبحت فى متناول الأيدى من خلال الدراسات الجيولوجية الأساسية والتطبيقية وكذلك الجيولوجيا الهندسية .

وأمدتنا الأرض كذلك بأشياء كثيرة نستمتع بجمالها المتفرد، ففي بريطانيا مثلاً هناك خائق «شيدار» وطريق العمالقمة ومنطقة البحيرات؛ ثم هناك الينابيع الحارة فى نيوزيلندا وحاجز الشعاب العظيم فى أستراليا، كذلك مشاهد البراكين ومساقط المياه المثيرة للإعجاب. كل هذه الظواهر والكثير غيرها تكونت بفعل العمليات الجيولوجية، والتى لا تزال تعمل فى باطن الأرض وعلى سطحها حتى يومنا هذا. وبالطبع فإن هذه العوامل الجيولوجية هى ذاتها التى بدأت فى تشكيل الأرض بعد مولدها مباشرة منذ أربعة أو خمسة آلاف مليون سنة .

ما هي الجيولوجيا؟

اشتقت الكلمة من أصل إغريقي «جيو» بمعنى أرض و«لوجيا» بمعنى معالجة أو علم، فالجيولوجيا هو العلم الذي يختص بدراسة أصل الأرض وتاريخها وبنائها وسكانها كما هو مسجل في الصخور.

وكانت أحداث يوليو عام ١٩٦٩ انطلاقا جديدا لعلم الجيولوجيا خارج نطاقه التقليدي فأدخلته عصر الفضاء، عندما وضع الإنسان قلميه على سطح القمر وأحضر معه عينات من صخوره، لكي يدرسها الجيولوجيون وعلماء الأرض.

ولا يوجد أحد منا - حتى الآن - يعلم ما الذي سوف تؤدي إليه هذه الدراسات. هل سنحصل على صورة أوضح لأصل القمر والأرض؟ هل سنجد خامات معدنية ثمينة أو معادن ليست معروفة لنا حتى الآن؟ ربما يتمكن الإنسان من زيارة كواكب أخرى في نظامنا الشمسي قبل نهاية هذا القرن. وبالطبع فإن ذلك - لو حدث - سوف يستحدث فروعا مبهرة لعلم الجيولوجيا.

ولتعد مرة أخرى إلى كوكبنا، فبالنسبة للجيولوجي ليست الأرض ببساطة هي الكوكب الذي نعيش فوقه، لكنها الأرض بزلزالها وسراكنها ومشالجهما وحفرياتها وكانت وستظل هي الشغل الشاغل للجيولوجيين. كم عمر الأرض؟ ومن أين أتت؟ ومن أية مادة صنعت؟ وللإجابة على هذه الأسئلة فلا بد لعلماء الأرض أن يدرسوا أدلة الأحداث التي وقعت منذ ملايين السنين، ولا بد لنا أن ننصاهي هذه الأحداث بأحداث مشابهة تحدث في أيامنا الحالية. مثال ذلك فالجيولوجي يحاول أن يحدد أماكن وامتدادات المحيطات القديمة وسلاسل الجبال، ويتبع تطور الحياة كما هو مسجل في صخور لها أعمار مختلفة، كذلك يدرس الجيولوجي تركيب الصخور والمعادن التي تكون القشرة الأرضية، وذلك في محاولة لتحديد أماكن جديدة للمعادن الاقتصادية القيمة الموجودة في هذه الأماكن لإمكانية استغلالها. وحتى يواصل الجيولوجيون دراساتهم، فلا بد لهم أن يستعينوا بالعلوم الأساسية الأخرى مثل علم الفلك الذي يختص بدراسة طبيعة وحركة الكواكب والنجوم والأجسام السماوية الأخرى؛ كذلك تحديد موقع الأرض في

الكون، وأيضا دراسة النظريات العديدة التى تضع فروضا عن أصل ونشأة الأرض. ولا بد من الاستعانة أيضا بعلم الكيمياء الذى يختص بدراسة التركيب الكيميائى للمواد المكونة للأرض والتغيرات التى طرأت عليها. وكذلك علم الفيزياء (دراسة المادة والحركة) الذى يساعد على تفسير القوى الطبيعية المختلفة التى تؤثر فى الأرض وردود الفعل من المواد المكونة للأرض ضد هذه القوى المؤثرة.

ولكى نفهم طبيعة النباتات والحيوانات التى عاشت فيما قبل التاريخ فلا بد لنا أن نرجع إلى علم البيولوجيا، الذى يختص بدراسة كل أشكال الحياة؛ فعلم الحيوان يمدنا بمعلومات قيمة عن الحيوانات القديمة وعلم النبات يساعدنا على تفهم طبيعة الحفريات النباتية. وبلاستفادة من هذه العلوم وغيرها، يصبح الجيولوجى قادرا على استيعاب مشاكل كثيرة ومعقدة تعرضه عند دراسة الأرض وتاريخها. ومجال علم الجيولوجيا واسع جدا ويتشعب إلى قسمين كبيرين هما الجيولوجيا الفيزيائية Physical Geology والجيولوجيا التاريخية Historical Geology.

ولسهولة الدراسة، فإن كل قسم ينقسم إلى عدد من الأنوع المتخصصة. وعموما فإن مصطلح علم الأرض يستخدم للدراسة الجيولوجيا، ومع ذلك فإن علم الأرصاد الجوية (دراسة الغلاف الجوى) وعلم المحيطات وعلم الفلك تدخل كلها فى نطاق علم الجيولوجيا.

٢- الجيولوجيا من حولنا The Geology Around Us

كيف يمكننا دراسة الكثير عن كوكب الأرض واستنباط التاريخ الذى يمكن قراءته من صخور هذا الكوكب؟ فى الواقع أن هذا شئ بسيط للغاية. فالجيولوجيا تعنى كل شئ حولنا، فمختبر الجيولوجى هو الأرض التى يقف فوقها، وكل خطوة يخطوها فى الحقل وكل مسافة يقطعها سوف تسوقه إلى معايشة العمليات الجيولوجية وتائجها. مثال ذلك عندما يلتقط عينة من الحجر الجيرى العادى؛ من المحتمل أن تكون محتوية على حفريات، ومن الممكن أن هذه الحفريات تمثل بقايا حيوانات عاشت فى بعض بحار ما قبل التاريخ والتى ربما تكون قد غطت هذه المنطقة. وربما تكون أنت قد مشيت على امتداد ضفة نهر ما، لاحظ الغرين الذى

خلفه الفيضان الأخير . . هذا سوف يجعلنا نفكر فى قدرة المياه الجارية على وضع الرواسب، والتي ستصبح فيما بعد صخورا رسوبية . . لاحظ أيضا كيف أن التيارات النهرية السريعة قد نحتت جوانب النهر وأن أجزاء من التربة قد أزيلت بفعل عوامل التحات والعوامل الجيولوجية المؤثرة تأثيرا بالغا فى تشكيل سطح الأرض ومظاهره. وربما ترى حفلا يستج محصولا من القمح وتربة هذا الحقل سوداء .

سوف يدهشك أن تعرف أن هذه التربة السوداء الغنية قد أتت من الحجر الجيري الطباشيرى الأبيض الموجود أسفل هذه التربة السوداء . . . وفى حياتنا اليومية المعتادة هناك أمثلة أخرى كثيرة تذكرنا بأهمية الأرض وموادها وعملياتها الجيولوجية. وخلال الأعوام الأخيرة، حدث اهتمام متزايد بأهمية علم الأرض وأصبح كثير من الناس على دراية بأهمية علم الجيولوجيا فى حياتهم اليومية. وكثير من الناس يزورون المتاحف الجيولوجية ويدرسون الجيولوجيا سواء على المستويات الأكاديمية العادية أو المتقدمة فى المدارس والكليات وكثير من الناس يستمعون كتب الجيولوجيا من المكتبات، ربما ساعدتهم ذلك على تعرف اسم معدن أو عينة صخرية وجدها فى جرف أو فى محجر، أو على جمع معلومات أكثر عن التطور. كذلك يدرس بعض الناس فى المجموعات المسائية، بل إن هناك أعدادا متزايدة من الناس تسعى لمزيد من المعرفة عن المعلومات الجيولوجية بحكم مواقع أعمالهم. كل هذه المعلومات الجيولوجية سواء أكانت معلومات عابرة بسيطة أم معلومات متخصصة متقدمة، من الممكن أن تجعل الأرض التى نعيش فوقها موضوعا خلايا للدراسة.

٣- دراسة الجيولوجيا Studying Geology

قراءة الكتب والاستماع إلى المحاضرات أو مشاهدة الأفلام لا تستطيع أن تصنع جيولوجيا، لكنها عوامل مساعدة. ولكى تصبح جيولوجيا، فمن الضرورى ومن الأساسى للطالب أن يقوم ببعض الأعمال الجيولوجية بنفسه، مثلا، أجزاء من هذا الكتاب تختص بالمعادن، هذه الأجزاء سوف تكون مهمة فقط بالنسبة للذين شاهدوا بعض المعادن الحقيقية وأمسكوها بأيديهم وأعجبوا بها، حتى لو كانت هذه المعادن من ضمن المجموعة الجيولوجية المدرسية أو تلك المعروضة فى

متحف جيولوجى - فالجيولوجيا أساسا هى المشاهدة وتفسير الحوادث التى أثرت ولا تزال تؤثر فى كوكبنا الذى نعيش فوقه .

إن معظم الأعمال المبكرة التى أرست دعائم علم الجيولوجيا كانت دراسات لهواة متحمسين . ومن الممكن أن يكون هناك جدل حول أن علم الجيولوجيا يقتقد إعجاب العلوم الأخرى المرتبطة به . إننا نشاهد النباتات والحيوانات الحية ، لكن لا أحد يستطيع أن يفكر فى أن دراسة الصخور ومحتوياتها سوف تأخذ الدارس إلى أعظم مشهد فى العالم ، وأنت أيها القارئ سوف تستمتع كثيرا بعلم الجيولوجيا إذا ربطت قراءاتك الجيولوجية برحلاتك الجيولوجية فى الحقل . والجزء الموجود فى نهاية هذا الكتاب يقدم اقتراحا لكيفية الذهاب إلى هذا الجزء العملى من دراسة الجيولوجيا . وكبدية فكل المطلوب هو شاكوش جيولوجى وأزميل ونوتة للكتابة وحقيبة تحمل على الظهر ، وزوج من العيون السليمة وكمية كافية من الملابس للحماية من تقلبات الجو .

قد تدل التربة ونباتاتها على نوع الصخور الموجودة أسفلها . والأبنية والحوائط المصنعة من الأحجار المحلية قد تكون مشاهدة جيولوجية هامة . المحاجر والجروف والحفر والطبقات النهرية والضفاف . . . كل هذه سوف تكون مصدرا هاما للمعلومات لو أن الظروف سمحت بدراستها عن قرب .

ولو فرض أنك وجدت قطعة صغيرة من صخر ما ، فلأنك سوف تهتز طربا لو وجدت حفرتك الأولى (وربما تحيط لو لم تجد الحفرة) . فمن الطبيعى أنك تريد أن تعرف كيف ومتى تكون هذا الصخر؟ وماذا كانت الحفرة؟ ولماذا لم تكن هناك حفريات فى تلك المنطقة . كذلك فإنك حينما ترى صخورا مطوية أو مجمعة مثل تلك الموجودة فى غرب البلاد (إنجلترا) . وحينما تقرأ عن الزلزال أو حتى تعايشه ، سوف تجد نفسك تلقائيا شغوبا بمعرفة القوى الخفية التى سببته . مثلا الإغريق القدماء الذين وجدوا حفريات بحرية على قمم الجبال المصرية ، هذا معناه أنك تعمل على أرض كانت فيما مضى بحرا يزخر بالحياة .

كذلك حينما تخرج إلى منطقة مستقعات يوركشير وتجد قطعة من الشعاب المرجانية فى الحجر الجيري هناك ، فهنا يأتى دور القراءة وأهميتها أيضا . . .

أيضا حينما ترنجف من البرد وتلوذ من الرياح إلى ملجأ ما، ربما ترجع بذكرك إلى الخلف وتذكر هذه المنطقة حينما كانت بحرا ضحلا دافئا بينما هي في هذه الأيام منطقة استوائية مثلا.

في مثل هذه الظروف، فإن مثل هذا الكتاب، قد يساعدك على أن تبلور أفكارك، وتحصل على معلومات لم تكن من قبل قادرا على ملاحظتها بنفسك. وفي حين أن الجيولوجي الهاوى يتمتع نفسه عشوائيا، فقد يمضى ساعتين في محجر ما دون أية فائدة، بينما الجيولوجي المحترف أو الجيولوجي الهاوى الجاد سوف يدرس الطبقة ويفحصها بوصة بوصة، حيث يجمع الحفريات وقطع الصخور أو المعادن من مستويات مختلفة ويصنفها ويتعرف الفروق بين المجموعات المختلفة، وكذلك يتعرف حجم الحبيبات المكونة للصخور. وسوف يلاحظ بنظرة جانبية ما إذا كانت طبقة الصخر تستدق أو تصبغ أكثر غلظا، وقد تدل كل هذه الملاحظات والملاحظات أو بعضها على أن هذه المنطقة محل الدراسة كانت قرب خط الساحل أثناء زمن التكون. كذلك سوف يلاحظ وضع الصخور واتجاه الطبقات ومقدار ميلها ويقارن هذه المشاهدات بأوضاع صخور أخرى بالمناطق الأخرى سوف يصبح الدارس قادرا على تفسير ما حدث تحت سطح الأرض، وللمدقة الأكثر، في استنتاج ما حدث تحت سطح الأرض، فقد تخفر آبار اختبارية وتأخذ عينات من الصخور من أعماق قد تصل إلى مئات الأقدام، وتجلب هذه العينات إلى السطح لدراستها. وتعطى الآبار والمناجم معلومات قيمة لجيولوجيا ما تحت الصخور المنكشفة. وهناك جيولوجيون كثيرون يعملون في شركات البترول وشركات التعدين ومصادر المياه، ومن ملاحظاتهم المستمرة ومحاولاتهم وأخطائهم، فإنه يمكن تعرف الظروف المناسبة لتحديد أماكن وجود البترول والغاز الطبيعي. وهكذا فإن المختص بالتنقيب يستمر في عمله كي يتبع الصخور ويقترح ما إذا كانت المنطقة جديرة بالتنقيب فيها أم لا. وقد يستخدم المتفجرات لإحداث صدمة موجية مثل تلك التي يحدثها الزلزال الحقيقي (انظر الفصل الحادى عشر)، وذلك حتى يرسم صورة لصخور ما تحت السطح، حيث ترتد الموجات من الطبقات المقاومة. وبعد هذا المسح الجيولوجى الأولى، لا بد أن يأتى دور الحفر والتجهيز، وهذه عمليات مكلفة وتحتاج الجهد ووقت طويل. وبعد ذلك يدرس

الجيولوجيون الحفريات الدقيقة التى استخرجت من عمليات الحفر؛ وتستخدم هذه الحفريات أيضا لتحديد جدوى استمرار عمليات الحفر.

وقد أدى التطور الحديث واستخدام المركبات الفضائية فى مسح المناطق والبلدان إلى نتائج غير عادية لم يكن بالإمكان التوصل إليها بواسطة الفحص الأرضى العادى. وباستخدام تقنيات الأشعة دون الحمراء وأنواع أخرى من الكاميرات وبالتعاون مع مركبات الفضاء أمكن فتح طرق جديدة ومجالات جديدة لتحديد وجود وأماكن الثروات المعدنية الاقتصادية المهمة.

لا يعمل الجيولوجى فى الحقل فقط، بل إنه يقضى كثيرا من الوقت فى المختبر، - حيث يدرس عيناته بدقة ويعين حجم حبيباتها ويبحث عن التفريعات الدقيقة فيها، وكذلك يجهز القطاعات الرقيقة للصخور ليشاهدها تحت المجهر.

٤- الجيولوجيا الفيزيائية Physical Geology

تختص الجيولوجيا الفيزيائية بدراسة تركيب الأرض وبنيتها والقوى التى تعمل على سطح الأرض والقوى التى فى داخلها؛ وكذلك العمليات الجيولوجية التى غيرت وتغير من سطح الأرض. ويشمل هذا القسم الكبير من علم الجيولوجيا مجموعة من الفروع مثل علم المعادن (دراسة المعادن) وعلم الصخور (دراسة الصخور) اللذين يقدمان معلومات مهمة عن تراكيب الأرض. كذلك يتضمن هذا الفرع الجيولوجيا البنائية التى تفسر تراكيب الصخور فى الأرض، والجيومورفولوجيا التى تفسر أصل المظاهر السطحية للأرض. وهناك تخصص مهم من الجيولوجيا الفيزيائية هو الجيولوجيا الاقتصادية الذى يختص بدراسة نواتج القشرة الأرضية ذات الأهمية الاقتصادية، وتطبيقاتها فى الأغراض التجارية والصناعية. ويضم هذا الفرع أيضا - على سبيل المثال - المجالات المهمة لجيولوجيا المناجم وجيلوجيا البترول (هذه الفروع من الجيولوجيا الفيزيائية سوف تناقش فى الجزء الأول من هذا الكتاب) وتساعد هذه الفروع على القيام بدراسات تفصيلية عن كل أطوار علم الأرض، حيث إن المعلومات التى يمكن الحصول عليها من هذه البحوث تعد أفضل الطرق لفهم أفضل لفيزيكا الأرض.

5- الجيولوجيا التاريخية Historical Geology

الجيولوجيا التاريخية هى دراسة أصل وتطور الأرض، وما يسكنها من الاحياء، وهى تغطى مجالات عديدة (كما هو الحال فى الجيولوجيا الفيزيكية)، ولهذا فقد قسمت إلى فروع كثيرة، كل فرع يعد مستقلا بذاته، وقد يقضى الإنسان عمره كله لكى يتخصص فى فرع واحد من هذه الفروع.

ولإنجاز دراسة التاريخ الجيولوجى لمنطقة ما، فإن الجيولوجى يستخدم فرع الاستراتيجرافيا، الذى يختص بدراسة أصل وتركيب وتتابع الطبقات ومضاهاتها، كذلك علم الحفريات (الباليتولوجيا) الذى يعطى خلفية عن تطور الحياة على الأرض، وأيضا علم الجغرافيا القديمة الذى يعد وسيلة لدراسة الظروف الجغرافية للأزمنة الماضية، وبالتالي فمن الممكن استنتاج العلاقة بين البر والبحر فى الأزمنة القديمة وكذلك الكائنات التى كانت تسكنها فى تلك الأزمنة.

وقد تتداخل الفروع الرئيسية للجيولوجيا التاريخية بعضها مع بعض وتشابك كثيرا، شأنها فى ذلك شأن فروع الجيولوجيا الفيزيكية - فالجيولوجى الفيزيقي (الجيوفيزيقي) يستخدم علم المعادن وعلم الصخور لكى يحدد نوع الصخور الموجودة ومصادرها، والجيولوجى التاريخى يدرس الصخور نفسها لكى يؤكد أنواع الحيوانات والنباتات التى كانت تعيش فى أثناء زمن ترسيب هذه الصخور، وكذلك البيئة التى عاشت فيها هذه الاحياء وأنواع المناخات التى سادت فيها. ويؤدى الارتباط والتعاون بين الدراسات التاريخية والفيزيكية لعلم الجيولوجيا إلى فهم أفضل فى سبيل معرفة تركيب كوكب الأرض وتاريخه.

6- الأرض فى الفضاء The Earth in Space

اهتم الإنسان منذ زمن بعيد وقبل مولد العلوم الجيولوجية بدراسة الأرض وعلاقتها بالنجوم والكواكب وبالتأمل فيها وذلك لمحاولة معرفة أصلها. وبالرغم من أن هذه الدراسات يتضمنها علم الفلك. إلا أن الإلمام بقدر مختصر من المعلومات عن الأرض وعلاقتها بالكواكب الأخرى، سوف يساعد القارئ على فهم موقع الأرض فى الكون.

والمجرات galaxies هى المكونات الأساسية للكون، وهى تراكيمات قرصية الشكل تحوى ملايين أو بلايين النجوم. ويقدر الفلكيون أن هناك عددا كبيرا

من المجرات فى الفضاء الخارجى، مع هذا فالذى يعيننا هنا هى مجرة الطريق اللبنى التى يوجد فيها كوكب الأرض، وهو الكوكب الذى سنتناقشه فى هذا الكتاب. وتحتوى المجرة على آلاف الملايين من النجوم، وكل نجم منها قد يمكننا رؤيته بالعين المجردة. والمجرة شكلها عدسى، والشمس هى أحد نجومها، ويبلغ قطر الشمس حوالى ٨٦٥ ألف ميل وتقع فى نصف المسافة تقريبا بين مركز الطريق اللبنى وحافته. وتعد الشمس مركز النظام الشمسى الذى يتكون من الشمس وتسعة كواكب كلها تدور حول الشمس، وتضم المجموعة الشمسية نفسها الآلاف من الكويكبات السيارة والمذنبات والشهب. والكواكب planets هى أكبر الاجسام الصلبة فى النظام الشمسى وتدور كلها فى نفس المستوى حول الشمس. والكواكب التسعة (مرتبة تبعا لقربها من الشمس) هى عطارد - الزهرة - الأرض - المريخ - المشترى - زحل - أورانوس - نبتون - بلوتو). ومعظم الكواكب ترتبط بها توابيع أصغر حجما تسمى الأقمار satellites or moons، وهى تدور حول الكوكب الذى تتبعه. وقمر الأرض هو التابع الوحيد لها، ويدور حولها مرة كل شهر تقريبا. وبعض الكواكب الأخرى مثل عطارد والزهرة ليست لها توابيع أو أقمار معروفة، بينما المشترى، وهو أكبر الكواكب حجما يتبعه اثنا عشر قمرا.

ويوجد بين مدارى المريخ والمشتري آلاف من الأجسام الصغيرة التى تشبه الكواكب وتسمى الكويكبات (asteroids (planetoids وكلها تدور حول الشمس تماما كما تدور الكواكب التسعة حول الشمس.

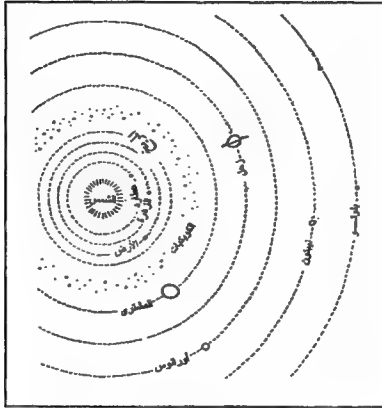
والشهب meteors أجسام تشبه الصخور وتسبح فى الفضاء وتشتعل إذا ما دخلت الغلاف الجوى للأرض، ويطلق عليها اسم قذائف النجوم. وقد تصل إلى الأرض وتصطدم بها مكونة النيازك meteorites.

ويحتوى النظام الشمسى أيضا على أجسام سماوية مضيئة ذاتيا تسمى المذنبات comets، وهذه حينما تقترب من الشمس يمكن مشاهدتها من على سطح الأرض، ونظرا لأن المدار الذى تدور فيه غير عمركز، فإن مشاهدتها تكون قليلة وبصعوبة كبيرة. ويمكن حساب وقت عودة المذنبات قريبا من كوكب الأرض والتنبؤ به تماما. مثال ذلك مذنب هالى Halley's Comet وقد كانت آخر زيارة له قرب كوكب الأرض عام ١٨٣٥ وعام ١٩١٠. وكان من المتوقع أن يشاهد هذا المذنب سكان كوكب الأرض عام ١٩٨٦ وفعلا تم رصده وأمكن مشاهدته عام ١٩٨٦.

٧- شكل الأرض وأبعادها وحركاتها

Shape , Dimensions and Motions of the Earth

الأرض هي أكبر الكواكب الأربعة الموجودة في المجموعة الشمسية الداخلية (عطارد والزهرة والأرض والمريخ)، وهي ثالث كوكب قربا من الشمس (شكل ١).



شكل (١)

الأوضاع التسمية للكواكب في النظام الشمسي

● شكل الأرض Shape of the Earth

الأرض كرة منبعجة، وبعبارة أخرى فهي شكل الكرة تقريبا، أو كروية الشكل ما عدا التسطح البسيط عند القطبين، وهذا التسطح وما يصاحبه من انتفاخ عند خط الاستواء يتج عن القوة الطاردة المركزية نتيجة لدوران الأرض.

● أبعاد الأرض Dimensions of the Earth

يبلغ القطر القطبي لكوكب الأرض حوالي ٧٩٠٠ ميل (١٢٦٥٠ كيلو مترا) ويبلغ طول القطر الاستوائي ٧٩٧٢ ميل (١٢٦٩٣ كيلو مترا) وذلك نتيجة

الانتفاخ عند خط الاستواء. ويبلغ محيط الأرض حوالى ٢٤٨٧٤ ميلا (٣٩٨٠٠ كيلو متر). وتبلغ المساحة السطحية للأرض ١٩٧ مليون ميل مربع (٥٠٠ مليون كيلو متر مربع)، حوالى ٥١ مليون ميل مربع منها (١٣٠ مليون كيلو متر مربع) أى حوالى ٢٩ ٪ أرض يابسة، بينما الباقي ويمثل ٧١ ٪ تغطيه المياه.

• حركات الأرض Earth Motions

تدور كل كواكب المجموعة الشمسية - ومن بينها الأرض - حول الشمس داخل مداراتها خلال فترة زمنية معينة، وبخلاف دوران الأرض حول الشمس، فإن الأرض تدور حول محورها.

والمحور الذى تدور حوله الأرض هو محورها الصغير الذى يصل بين القطبين، ويكون اتجاه الحركة من الغرب إلى الشرق وتدور الأرض دورة كاملة مرة كل يوم ، ويتج عن هذه الحركة تعاقب الليل والنهار، والمحور الذى تدور حوله الأرض لا يكون عموديا على مدار الأرض حول الشمس (لأنه لو كان كذلك فلن يكون هناك تغير فى الفصول الأربعة على كوكب الأرض).

ويميل هذا المحور بزاوية قدرها ٢٣,٥° على المستوى العمودى فى أيامنا الحالية، ونقول فى أيامنا الحالية نظرا لأن زاوية الميل تتغير طالما أن محور الأرض يتذبذب للامام وللخلف ويستغرق فى ذلك مدة زمنية حوالى ٢٦٠٠٠ سنة لإكمال ذبذبة واحدة كاملة.

• دوران الأرض Rotation of the Earth

تدور الأرض حول الشمس فى مدار إهليلجى الشكل تقريبا، وذلك مرة كل ٣٦٥,٢٥ يوما، وخلال هذه المدة (سنة شمسية) تزيد سرعة دوران الأرض على ٦٠ ألف ميل (٩٦ ألف كيلو متر) فى الساعة. وتبلغ المسافة بين الشمس والأرض حوالى ٩٣ مليون ميل (١٤٩ مليون كيلو متر). وبالإضافة إلى حركات دوران الأرض وذبذبتها، فإن الأرض تتحرك مع النظام الشمسى فى الاتجاه العام نحو النجم فيجا بسرعة حوالى ٤٠٠ مليون ميل فى السنة (٦٤٠ مليون كيلو متر فى السنة).

٨- الأقسام الرئيسية للأرض Principal Divisions of the Earth

تتكون الأرض من الهواء والماء واليابسة، وتحدد هذه الأغلفة الثلاثة بدقة أكبر فتسمى الغلاف الجوى وهو غلاف غازى يحيط بالأرض؛ والغلاف المائى وهو الماء الذى يملأ المنخفضات ويغطى ثلاثة أرباع سطح الأرض تقريبا. والغلاف الصخري وهو الجزء الصلب الذى يوجد تحت الغلافين الهوائى والمائى .

• الغلاف الهوائى Atmosphere

هو الجزء الغازى من الأرض ويمتد مئات الأميال إلى أعلى فوق مستوى سطح البحر. ويتكون من خليط من غازات التروجين والأكسجين وثنائى أكسيد الكربون وبخار الماء وغازات أخرى (انظر جدول ١).

والغلاف الجوى هو الذى يجعل الحياة ممكنة على كوكب الأرض. وبالإضافة إلى ذلك فهو يعمل كعامل عازل لحمايتها من الحرارة

جدول رقم (١) تحليل الغازات الموجودة فى الهواء الجاف النقي (لاحظ أن

الأكسجين والتروجين يمثلان ٩٩ ٪ من التركيب الكلى)

النسبة بالحجم	الغاز
٧٨,٠٨٤	Nitrogen النيتروجين
٢٠,٩٤٦	Oxygen الأكسجين
٠,٩٣٤	Argon الأرجون
٠,٠٣	Carbon Dioxide ثاني أكسيد الكربون
٠,٠٠١٨١٨	Neon النيون
٠,٠٠٠٥٢٤	Helium الهيليوم
٠,٠٠٠٢	Methane الميثان
٠,٠٠٠١١٤	Krypton الكريبتون
٠,٠٠٠٠٥	Hydrogen الهيدروجين
٠,٠٠٠٠٥	Nitrous Oxides أكاسيد النيتروز
٠,٠٠٠٠٠٧	Xenon الزينون

والاشعة فوق (فوت) البنفسجية القادمة من الشمس، كما أنه يقى الأرض من اصطدام النيازك بها. والغلاف الجوى عامل جيولوجى مهم (انظر الفصل السادس)، فهو المسئول عن عمليات التجوية التى تعمل باستمرار على سطح الأرض.

• الغلاف المائى The Hydrosphere

يشمل الغلاف المائى كل ماء المحيطات والبحيرات والأنهار على سطح الأرض، بالإضافة إلى المياه الأرضية التى توجد فى صم وشقوق صخور القشرة الأرضية والتربة. ويوجد معظم الماء فى المحيطات التى تغطى ٧١٪ تقريبا من سطح الأرض بمتوسط عمق حوالى أربعة كيلو مترات. والمياه هى السبب الأساسى لاستمرار الحياة ووجود الإنسان، ولها أهمية جيولوجية فائقة جدا. فالأنهار الجارية والمحيطات لها دور مهم فى التحت والنقل والترسيب. ولقد كان للماء والعوامل الجوية الأخرى الأثر الفعال والقوة الكبرى التى شكلت مظاهر سطح الأرض على امتداد الأزمنة الجيولوجية. وسوف نخص الغلاف المائى بشئ من التفصيل فى الفصول القادمة من هذا الكتاب.

• الغلاف الصخرى The Lithosphere

يمثل الغلاف الصخرى الأهمية الأولى للجيولوجى. ويتكون الغلاف الصخرى للأرض من معادن وصخور تكون بدورها الكتل القارية وأحواض المحيطات (انظر الفصل التاسع).

وتتكون صخور الغلاف الصخرى من ثلاثة أقسام أساسية هى الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة. والصخور النارية هى التى كانت فى الأصل صهارة بردت وتصلبت لتكون صخورا نارية مثل الجرانيت والبازلت. أما الصخور الرسوبية فتتكون من كسر من صخور (سابقة الوجود) ترمبت بفعل الرياح والمياه والجليد مثل الحجر الجيرى والحجر الرملى والصخور الطينية.

وتتكون الصخور المتحولة من صخور رسوبية أو نارية أو حتى متحولة وتعرضت إلى تغيرات فيزيقية وكيميائية كبيرة، ومثال ذلك الرخام الذى كان أصلا حجرا جيريا.

ومعظم المعلومات التى عرفناها عن الغلاف الصخرى تعلمناها من خلال دراساتها للمواد السطحية للأرض، ومع ذلك فقد جمع الجيولوجيون معلومات قيمة عن داخل الأرض نتيجة لحفر الآبار والمناجم وللدراسات السيزمية . كذلك أدت الحركات التكتونية إلى وجود صخور على سطح الأرض كانت قبل ذلك موجودة تحت السطح وعند أعماق بعيدة جداً. وقد أمدتنا دراسة هذه الصخور بمعلومات قيمة جدا عن جيولوجيا الأعماق.

ويقسم الغلاف الصخرى إلى ثلاثة نطاقات سوف نختصها بالدراسة فى الفصل الحادى عشر من هذا الكتاب.

٩- المظاهر الفيزيائية الكبرى على الأرض

Major Physical Features of the Earth

مظاهر التضاريس الكبرى على الأرض هى الكتل القارية، وأحواض المحيطات. وهذه المظاهر هى التى ظلت ثابتة ظاهريا طوال الأزمنة الجيولوجية المعروفة.

الكتل القارية The Continental Masses

القارات هى أرصفت صخرية وتغطى ٢٩٪ تقريبا من سطح الأرض، وتتكون معظمها من صخور الجرانيت ويبلغ متوسط ارتفاعها ثلاثة أميال (حوالى خمسة كيلو مترات) فوق أرضيات أحواض المحيطات المجاورة، وترتفع فى المتوسط إلى نصف ميل (حوالى كيلو متر) فوق مستوى سطح البحر (شكل ٢) .



شكل (٢)

القارات وأحواض المحيط

ج- مستوى البحر.

ب- جزر بركانية.

أ- القارات.

وتغمر المياه حافة الكتل القارية المواجهة للبحر، التي تسمى بالرُفوف القارية. بالرغم من أن سطوح القارات تظهر غير منتظمة للإنسان، والفرق في الارتفاع بين أعلى جبل (جبل إفرست حوالى ٢٩ ألف قدم فوق مستوى سطح البحر) وأعمق جزء في قاع المحيط (٣٥ ألف قدم تحت مستوى سطح البحر جنوب جزيرة ماريانا) يكون غير منطقي إذا ما قورن ذلك بحجم الأرض.

• أحواض المحيطات The Ocean Basins

تشمل أحواض المحيطات الجزء الأكبر من الغلاف المائي وتغطي أكثر من ٧١٪ من سطح الأرض. وأرضيات المحيطات ليست كما كنا نعتقد مسطحة بلا مظاهر طبوغرافية؛ ففي الواقع توجد بها أشكال طبوغرافية غير منتظمة تماما كما هو الحال على سطح الأرض، إذ توجد أخاديد وشقوق عميقة وسلاسل جبلية تحت سطح البحر. وأعمق المحيطات هو المحيط الهادى (حوالى ٣٥ ألف قدم) وهو أكبر المحيطات الخمسة أيضا ويغطي نصف الكرة الأرضية تقريبا.

وفى أعمق أجزاء المحيطات تتكون القيعان من صخور نارية دكناء اللون ولها وزن نوعى ثقيل، وتتكون من صخور البازلت، وفى بعض الأماكن قد تعلق صخور البازلت، طبقات من الرواسب البحرية.

١٠- القوى الجيولوجية Geologic Forces

تدل الدراسات الجيولوجية لآى جزء من سطح الأرض على وجود تغيرات هائلة طرأت على سطحها. ومعظم هذه التغيرات الكثيرة استلزم تكونها مددا زمنية طويلة جدا، واستغرق بعضها ملايين السنين، وتضم هذه التغيرات الحركات الأرضية، والنشاط البركانى، وعمليات البناء والهدم.

• الهدم والبناء Gradation

تتأثر الصخور السطحية دائما بقوى الهدم والبناء، مثال ذلك الغلاف الجوى الذى يؤثر فى الصخور، ويعمل على تجويتها سواء فيزيقيا أو كيميائيا، هذا بالإضافة إلى فعل الأنهار والمحيطات. والغلاف المائى يعمل على تفتيت الصخور ونقلها من مناطق إلى مناطق أخرى حيث ترسب هناك. وعلى ذلك فالهدم والبناء يشملان عمليتين منفصلتين.

ويطلق التحات على عملية الهدم وفيها تفتت الصخور بفعل الماء والهواء والمثلج، وهنا يدخل دور الغلاف الجوى فى عملية التعرية والسحج ، حيث يبرز أثر المثلج وفعلها، وكذلك الفعل الحثى للأنهيار وأثر الرياح فى سحج الصخور .
والمقصود بعملية البناء هو الترسيب، ويتج من تراكم الرواسب حتى يتم البناء النهائى لطبقات الصخور. وعوامل الترسيب الرئيسية هى الرياح والجليد والماء .

• الحركات التكتونية أو التكتنة Tectonic Movement or Tectonism

يشمل هذا المصطلح كل حركات الأجزاء الصلبة للأرض بالنسبة لبعضها البعض وتعد الحركات التكتونية الدليل على عدم ثبات القشرة الأرضية، ويتج عن هذه الحركات الصدوع (الكسور والإزاحة) والطي والهبوط والصعود لتكوين الصخور، وهذا ما يطلق عليه التحرف deformation .

والحركات التكتونية هى المسئولة عن تكوين سلاسل الجبال العظمى ومعظم تحرفات البنيات الجيولوجية التى تقوم على سطح القشرة الأرضية، هذا بالرغم من أن الظواهر التكتونية مثل الصدوع والطي لا ترى إلا حين تنكشف الصخور نتيجة لعمليات التعرية .

بالإضافة إلى ذلك فإن هناك حركات تكتونية شائعة تكون هى المسئولة عن أنواع معينة من عمليات تحول الصخور (انظر الفصل الخامس) . وكذلك عملية حقن الصهارة التى ثبت أنها ترتبط دائما بالنشاط البركانى (انظر فيما بعد)، بما قد يؤدى إلى تحرف الصخور وطيها .

• البركة Volcanism

يختص هذا المصطلح بحركة المواد الصخرية المنصهرة فى باطن الأرض أو على سطحها . والعمليات البركانية تنتج عنها اللابة والمخاريط البركانية والرماد البركانى مما تقذف بها البراكين (انظر الفصل الثالث) .

الفصل الثانى

المعادن

MINERALS

يهتم الجيولوجى أساسا بالقشرة الصخرية للأرض، لهذا فلا بد له من أن يعرف شيئا عن المعادن، التى تبنى كتل القشرة الأرضية. وبالرغم من اختلاف الجيولوجيين فى تعريفهم لمصطلح «المعدن»، إلا أن هناك اتفاقا عاما على تعريف المعادن بأنها عناصر أو مركبات كيميائية توجد فى الطبيعة فى القشرة الأرضية. وهى مواد غير عضوية (لم تشتق من مصادر حية)، وعلى هذا الأساس فإن هذا التعريف لا يتضمن الفحم أو البترول. والمعادن لها تركيب كيميائى محدد أو مدى تركيبى وكذلك لها ترتيب ذرى معين (بنية بلورية). وأيضاً لها صفات فيزيقية مميزة. ويلزم التنويه إلى أن الصفات الكيميائية والفيزيقية لبعض المعادن قد تختلف، ولكن فى حدود معينة.

وتتكون الصخور من خليط أو تجمعات من المعادن، ويختلف تركيبها كثيراً، فالحجر الجيري مثلاً، يتكون أساساً من معدن واحد هو الكالسيت. أما الجرانيت فيتكون دائماً من ثلاثة معادن هى الفلسبار (فى بعض الأحيان فلسبار متغير متنوع) والمايكا والكوارتز.

هناك معادن معينة مثل الكالسيت، والكوارتز والفلسبار توجد فى الصخور عامة ويطلق عليها المعادن المكونة للصخور. وهناك معادن أخرى مثل الذهب والألماس ومعادن اليورانيوم والفضة توجد فى الصخور ولكن بكميات قليلة نسبياً.

وتختلف المعادن فى صفاتها الفيزيقية والكيميائية اختلافاً كبيراً. والآن دعنا نذكر أهم الصفات الفيزيقية والكيميائية التى نتمكن من التمييز بين معدن وآخر.

١- التركيب الكيميائي للمعادن Chemical Composition of Minerals

بالرغم من أن هذا الكتاب لا يتضمن مناقشات مستفيضة في الكيمياء، إلا أنه يلزم التنويه عن المصطلحات الكيميائية اللازمة لفهم التركيب الكيميائي للمعادن.

كل المواد، ومن ضمنها المعادن، تتكون من عنصر واحد أو أكثر، والعنصر مادة لا يمكن تجزئتها إلى مادة أبسط بالطرق الكيميائية العادية. ونظريا، لو أخذنا كمية من أى عنصر وقطعناها إلى أجزاء أصغر فأصغر، فإن أصغر جزء من هذه المادة سيظل يحتفظ بصفات العنصر المكون لها. وهذه الأجزاء اللامتناهية الصغر من العنصر هي الذرات، وبالرغم من أن الذرات تكون صغيرة للغاية، ولا يمكن رؤيتها بأقوى المجاهر (الميكروسكوبات)، فإننا نعلم قدرا كبيرا عنها. فمثلا نحن نعلم أن نواة الذرة تتكون من بروتونات وهي جسيمات لها شحنة كهربائية موجبة ونيوترونات أو جسيمات متعادلة كهربائيا. وتلور الإلكترونات السالبة الشحنة في مدارات حول النواة، وبسرعة فائقة. والآن أصبح من المعلوم جيدا أن هناك بعض العناصر من الممكن أن تتحطم ذرتها «التحطيم النووي» لكن هذه لا تعد من الطرق الكيميائية العادية. وبالرغم من أن هناك ٩٢ عنصرا في الطبيعة، إلا أن هناك عناصر أخرى أمكن تحضيرها صناعيا. وبعض المعادن مثل الذهب أو الفضة تتكون من عنصر واحد فقط.

لكن الأكثر شيوعا أن المعدن يتكون من عنصرين أو أكثر، يتحد بعضها مع بعض ليكون مركبا، مثال ذلك الكالسيت مركب كيميائي يعرف باسم كربونات الكالسيوم، والتركيب الكيميائي لأى مركب يعبر عنه بالصيغة الكيميائية (Ca CO_3 في حالة الكالسيت)، وفيها يعبر عن كل عنصر برمز معين، وفي معظم العناصر يعبر الحرف الأول من اسم العنصر عن رمز هذا العنصر. فمثلا الحرف H للتعبير عن ذرة الهيدروجين والحرف C للتعبير عن ذرة الكربون، وإذا كان هناك عنصران يبدأ نفس الحرف فيمكن أن يكون الرمز حرفين بدلا من حرف واحد، وذلك لسهولة التمييز بينهما. مثلا ذرة من عنصر الهيليوم ورمزها "He"، ذرة من الكالسيوم ورمزها Ca ومن الجدير بالذكر أن بعض العناصر قد اشقت رموزها من أسمائها اللاتينية المختصرة؛ مثلا الرمز "Cu" مشتق من اسم "Cuprum" ومعناه

باللاتينية نحاس، وهو يمثل ذرة النحاس، وكذلك الرمز "Fe" الذى يمثل ذرة الحديد ومعناه باللاتينية Ferrum أى الحديد. والترقيمات الصغيرة المستخدمة فى التعبير عن الصيغة الكيميائية تمثل النسبة التى يوجد بها كل عنصر. وعليه فإن الصيغة الكيميائية للماء H_2O تدل على أن ذرتين من الهيدروجين تتحدان مع ذرة من الأكسجين ليشكلن الماء. وبالرغم من وجود ٩٢ عنصرا فى الطبيعة، إلا أن ثمانية فقط هى الأكثر شيوعا وتكون أكثر من ٩٨٪ بالوزن من العناصر المكونة للقشرة الأرضية

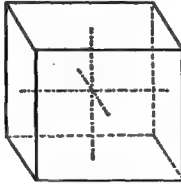
النسبة المئوية بالوزن	رمز العنصر	
٤٦,٦٠	(O)	الأكسجين
٢٧,٧٢	(Si)	السليكون
٨,١٣	(Al)	الألومنيوم
٥,٠٠	(Fe)	الحديد
٣,٦٣	(Ca)	الكالسيوم
٢,٨٣	(Na)	الصوديوم
٢,٥٩	(K)	البوتاسيوم
٢,٠٩	(Mg)	المغنسيوم
٩٨,٥٩		المجموع

وكما هو واضح من الجدول السابق، فإن عنصرين فقط هما الأكسجين والسليكون يشكلان تقريبا ثلاثة أرباع النسبة الوزنية للصخور، وهذان العنصران من اللافلزات، لكن الستة المتبقية من الفلزات. وتتميز الفلزات بقدرتها على التوصيل الحرارى والكهربائى، وقابليتها للطرق فى صفائح رقيقة السمك، والسحب أسلاكاً. وتتميز كذلك بدرجة بريقها الذى يعبر عن درجة لمعان سطح المعدن نتيجة للضوء المنعكس منه، وبعض المعادن مثل الذهب والفضة والنحاس والحديد تعد من الفلزات. أما المعادن اللافلزية فليست لها الصفات التى ذكرت والتى تميز الفلزات. ومن أمثلة المعادن اللافلزية الكبريت والألماس والكالسيت.

٢- البلورات Crystals

عندما تتصلب المعادن وتنمو دون إعاقة، فسوف تتكون لها أشكال ناعمة متماثلة وذات زوايا، وهذه هي البلورات. والأسطح التي تحدد البلورة من الخارج هي الأوجه. ويتوقف شكل البلورة وكذلك قيمة الزوايا بين الأوجه البلورية المتجاورة على الترتيب الذرى الداخلى للبلورة، وهذه خاصية مهمة للتعرف على البلورات.

النظام البلورى Crystal System



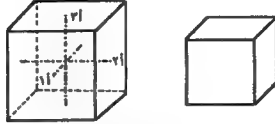
شكل (٣)
المحاور البلورية

كل معدن ينتمى إلى أحد النظم البلورية وعددها ستة نظم وقد وضعت هذه النظم على أساس عدد المحاور البلورية وأوضاعها وأطوالها النسبية - والمحاور البلورية خطوط وهمية تمتد عبر مركز البلورة (شكل ٣-٩) - مثال ذلك ، بلورة من النظام الرباعى لها ثلاثة محاور، اثنان منها متساويان فى الطول ويسميان المحوران الأفقيان، والمحور الثالث والذي قد يكون أطول أو أقصر من المحورين الأفقيين، ويسمى المحور الرأسى، لأن وضعه دائما يكون رأسيا عند تولية البلورة فى وضعها الصحيح وكل نظام بلورى له نمائله الخاص الذى يميزه، وهذه صفة مميزة لكل البلورات التى تنتمى للنظام نفسه. ويتوقف نوع التماثل الموجود فى البلورة على ترتيب المحاور البلورية.

ويميز علماء المعادن النظم البلورية الآتية

أ- نظام المكعبى أو متساوى الأطوال Isometric or Cubic System

تتميز البلورات التى تنتمى لهذا النظام بأن لها ثلاثة محاور متساوية فى الطول وتتقاطع بزوايا قائمة أى أنها متعامدة.



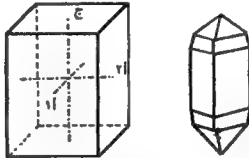
شكل (٤)

بلورة المكعبى (هاليت)

- المحاور البلورية a, a, a

ب- نظام الرباعى Tetragonal System

بلورات الرباعى لها ثلاثة محاور متعامدة، اثنان منها وهما الأفقيان متساويان فى الطول، لكن المحور الثالث وهو الرأسى قد يكون أطول أو أقصر من المحورين الآخرين.

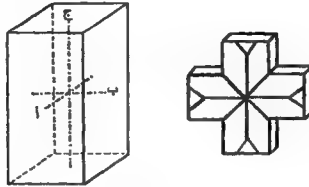


شكل (٥)

بلورة الرباعى (زيركون)

ج- نظام المعيني المتعامد Orthorhombic System

تتميز بلورات هذا النظام بأن لها ثلاثة محاور مختلفة الأطوال وتتقاطع بزوايا قائمة.

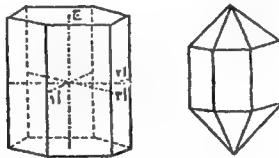


شكل (٦)

بلورة المعيني المتعامد (ستوروليت)

د- نظام السداسي Hexagonal System

هذا النظام البلوري يتميز بوجود ثلاثة محاور بلورية أفقية تتقاطع بزوايا ١٢٠°. يتعامد عليها محور رأسي، قد يكون أطول أو أقصر من المحاور البلورية الأفقية الثلاثة.

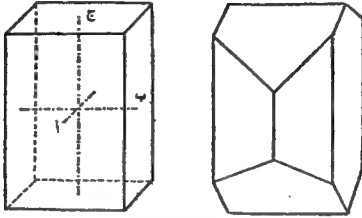


شكل (٧)

بلورة السداسي (كوارتز)

هـ - نظام الميل الواحد Monoclinic System

بلورات الميل الواحد توجد فيها ثلاثة محاور غير متساوية في الطول، اثنان منها يتقاطعان بزوايا قائمة، والمحور الثالث مائل على مستوى المحورين الآخرين.

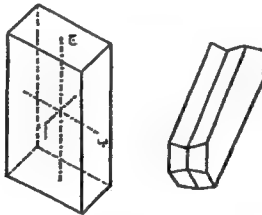


شكل (٨)

بلورة الميل الواحد (أرثوكلايز)

و- نظام الميول الثلاثة Triclinic System

بلورات الميول الثلاثة تتميز بوجود ثلاثة محاور بلورية غير متساوية وكلها مائلة بعضها على بعض.



شكل (٩)

بلورة الميول الثلاثة (البيت)

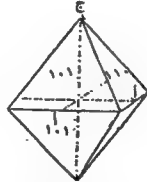
دراسة البلورات علم خاص قائم بذاته، ولقد ثبت من الدراسات المتصلة بعلوم الرياضيات إمكانية وجود ٣٢ نمطا تماثليا في البلورات وتقع المعادن العادية في إحدى عشرة مجموعة يمكن تصنيفها في ستة نظم بلورية، وبعض الضروب من الاثنين وثلاثين نمطا بلوريا توجد في المركبات المصنعة فقط (المخلقة)، أو التي تتمثل في مركب غير موجود حتى الآن. ويلاحظ من الأشكال الموجودة أن الأوجه البلورية توجد عليها أرقام مشتقة من دليل هو دليل ميلر (يوجد نظام آخر لتحديد دليل الوجه وضعه عالم آخر اسمه فايس).

مثال ذلك، في شكل رقم (١٠) الوجه واحد صفر واحد يقطع المحور أ، في الجزء الموجب، ويقطع المحور ج في الجزء السالب، لكنه لا يقطع المحور ب. ويجب أن نلاحظ أن رموز ميلر تعبر عن مقلوب المسافات المقطوعة، وعليه فإن الوجه الذي يوازي مسحورا يقطعه عند ما لا نهاية، وبالتالي فإن رمز ميلر يكون صفرا.

مثال آخر في شكل (١١) يوضح نموذجا شائعا لبلورة أحادية الميل وعليها ترقيم الأوجه الأمامية فقط، وواضح أن عملية ترقيم الأوجه ليست سهلة، لكنها معقدة قليلا، ولزيد من الإحاطة بهذا الموضوع يمكن الرجوع إلى كتب المعادن المتخصصة.



شكل (١١)
الأركايز
(نظام الميل الواحد)



شكل (١٠)
بلورة الزيركون البسيطة
(نظام الرباعي)

هيئة البلورة Crystal Habit

عندما تنمو أية بلورة لمعدن ما، فإنها سوف تتخذ شكلا معينا أو هيئة تسمى «هيئة البلورة» مثال ذلك بلورة الجالينا لها هيئة مكعبية (شكل ١١٢). وبلورة معدن التورمالين لها هيئة عمدانية (شكل ١٢ب). وبلورة معدن الباريات ذات هيئة مسطحة (شكل ١٢ج).



شكل (١٢)

الهيئة البلورية

١- (مكعبية) ب- (عمدانية) ج- (مسطحة)

ونظرا لأن بلورات المعادن توجد في نظم بلورية معينة، فسوف يكون لكل نظام صفات محددة، مثلا بلورات نظام المكعبى سوف يكون لها خصائص النظام نفسه فقط. ومع ذلك فعندما تتكون البلورات عند درجات حرارة مختلفة، فسوف تكون لها هيئات مختلفة داخل النظام البلورى ذاته. وعليه فإن بلورات معدن الفلوريت التى تتكون عند درجات حرارة منخفضة تكون لها هيئة مكعبية، بينما بلورات الفلوريت التى تتكون عند درجات حرارة مرتفعة يكون شكلها ثمانى الأوجه، وفى بعض الحالات قد يكون فى البلورة الواحدة لمعدن ما شكلان موجودان على البلورة نفسها.

وبالإضافة إلى درجة الحرارة، فإن عامل الضغط، وتركيز المحلول الذى تبلور منه المعدن، وكذلك الاختلاف فى تركيب المعدن، قد يؤثر فى شكل المعدن وهيته، وكذلك يؤدى وجود الشوائب فى المعدن إلى تغير شكله وهيته.

٢- الخصائص الفيزيائية للمعادن Physical Properties of Minerals

كل معدن له صفات فيزيائية معينة يمكن بواسطتها تمييزه والتعرف عليه، ومع أن بعض المعادن يمكن التعرف عليها بالملاحظة، إلا أن بعضها الآخر لا يمكن تعرفها إلا بعد فحصها باختبارات بسيطة.

والخواص الفيزيكية المفيدة في التعرف على المعادن هي

hardness	أ- الصلادة
colour	ب- اللون
streak	ج- المخدش (الحكاكة)
lustre	د- البريق
specific gravity	هـ- الوزن النوعي
cleavage	و - التشقق
fracture	ز- المكسر
shape or form	ح- الشكل أو الهيئة
tenacity	ط- التماسك
taste , odour and feel	ي- المذاق والرائحة والملمس

وهناك صفات فيزيكية أخرى سوف تناقش فيما بعد. ويجب أن يتعلم الجيولوجي كيف يختبر عينة من المعدن حتى يتعرف عليها بدقة. وكثير من هذه الاختبارات لا تتطلب أجهزة معملية غالية الثمن، ويمكن إجراؤها في الحقل. وبعض هذه الاختبارات يمكن استخدامها باستعمال الأدوات العادية مثل السكين أو نصل من الصلب أو عملة نحاسية أو مغنطيس صغير أو عدسة جيب لها قوة تكبير بين ٦ إلى ١٠ مرات، وهذه لا تكون غالية الثمن، كذلك باستخدام قطع من الزجاج وقطعة من الصيني غير المصقول، بل يمكن استخدام أطراف الأصابع كأداة لإجراء بعض من هذه الاختبارات.

• الصلادة Hardness

هي إحدى أسهل الطرق للتمييز بين معدن وآخر، وتحدد صلادة المعدن من معرفة المواد التي يخدشها والمواد التي تخدشه، ويجري اختبار الصلادة في الحقل باستخدام أدوات أو مواد بسيطة، وللدقة فيمكن استخدام مقياس «موهس» للصلادة، والذي ابتكره عالم المعادن الألماني فردريك موهس في القرن التاسع عشر، عندما لاحظ موهس عند دراسته لمجموعته المعدنية أن بعض المعادن كانت أكثر صلادة من بعضها الآخر، واعتقد موهس أن هذه الخاصية قد تكون لها فائدة في تعريف المعادن. ولهذا فقد اختار عشرة معادن معروفة لتكون معايير لدراسة

وتحديد صلادة بعض المعادن الأخرى. ووضع العشرة معادن المعيارية بحيث تبدأ بمعادن التلك وهو أقل المعادن صلادة فتكون له درجة صلادة «واحد» وأصلد المعادن هو الألماس ودرجة صلابته «عشرة» ويتكون مقياس موهس للصلادة من عشرة معادن مرجعية تترتب طبقا للازدياد فى الصلادة على النحو التالى

١- تلك	talc	(أقلها صلادة)
٢- جبس	gypsum	
٣- كالسيت	calcite	
٤- فلوريت	fluorite	
٥- أباتيت	apatite	
٦- فليسبار	feldspar	
٧- كوارتز	quartz	
٨- توباز	topaz	
٩- كورندم	corundum	
١٠- الألماس	diamond	(أكثرها صلادة)

ومعظم المعادن فى مقياس موهس معادن معروفة ويمكن الحصول عليها بسهولة دون أن تكون غالية الثمن. حتى الألماس فبالرغم من أنه غالى الثمن، إلا أنه ليس من المستحيل الحصول عليه. لاحظ أن المعادن مرتبة فى مقياس موهس بحيث إن المعدن سوف يخدشه المعدن الذى له رقم أعلى فى مقياس الصلادة، بينما سوف يُخدش المعدن الذى له رقم أقل فى مقياس موهس للصلادة.

ويمكن إجراء اختبار الصلادة أيضا باستخدام الأدوات الشائعة الآتية

الصلادة	الأداة
حوالى ٢,٥	ظافر الإصبع
حوالى ٣	عملة نحاسية
من ٥ إلى ٥,٥	الزجاج
من ٥,٥ إلى ٦	فصل السكين
من ٦,٥ إلى ٧	شريط من الصلب

وكل أداة من هذه الأدوات سوف تخدش المعدن تبعاً لدرجة صلابته، مثال ذلك، ظفر اليد سوف يخدش معدن التلك (صلابته ١) وكذلك معدن الجبس (صلابته ٢)، لكنه لن يخدش معدن الكالسيت حيث إن له درجة صلابة قدرها ٣ طبقاً لمقياس موهس ولإجراء اختبار الصلابة، يمكن البدء بأكثر المواد شيوعاً، ولتبدأ بالظفر، فإذا لم يخدش العينة، فلنستخدم نصل السكين، فإذا خدشت العينة بنصل السكين فهذا معناه أن للمعدن صلابة تقع بين ٢,٥ و ٦.

وبالرجوع إلى مقياس موهس للصلابة فإننا سوف نجد أن هناك ثلاثة معادن لها صلابة قياسية معلومة وتقع في هذا المدى؛ هذه المعادن هي الأباتيت (صلابته ٥) والفلورايت (صلابته ٤) والكالسيت (صلابته ٣).

فإذا لم يخدش الكالسيت المعدن، لكن خدشه الفلوريت، فهذا معناه أن صلابة المعدن تقع بين مدى صلابة الكالسيت والفلوريت وبالتالي بين ٣ و ٤ تبعاً لمقياس موهس. بعد ذلك حاول أن تخدش الفلوريت بالمعدن، فإذا استطعت ذلك حتى ولو بصعوبة، فإن صلابة المعدن تكون ٤، أما إذا لم يحدث ذلك فإن الصلابة تكون بين ٣ و ٤.

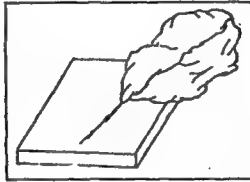
اللون Colour

ربما يكون لون المعدن هو أول الأشياء التي تشاهدها. ومع ذلك فإن المعدن نفسه قد يكون له ألوان عديدة في عيناته المختلفة. وباستثناء حالات معدودة، فإن خاصية اللون تعد من الصفات المميزة للمعدن. وبعض المعادن لها ألوان ثابتة نسبياً، مثال ذلك معدن الأزوريت الذي يكون أزرق في العادة، الملاكيت الذي يكون أخضر، والبيريت الذي يكون أصفر. وهناك معادن أخرى مثل الكوارتز والتورمالين يوجد لها مدى واسع من الألوان، ولهذا فإن خاصية اللون لا تعد من الخواص المميزة لهذين المعدنين. ويعزى الاختلاف في اللون في هذه المعادن إلى وجود الشوائب الكيميائية في المعدن. وعند استخدام خاصية اللون للتعرف على المعدن، فمن الواجب أن تؤخذ في الاعتبار عدة عوامل هي إذا كانت العينة المعدنية ستفحص في الضوء الطبيعي أم الصناعي، كذلك إذا كان السطح المراد دراسته قشيباً أو مجوًى، وكذلك إذا كان المعدن جافاً أم مبللاً؛ كل من هذه العوامل قد تسبب اختلافاً في لون المعدن.

بالإضافة إلى ذلك، فإن بعض المعادن الفلزية تصدأ وبالتالي فإن اللون الحقيقي للمعدن سوف لا يظهر باستثناء ما يفحص من السطح القشيب للمعدن.

• الخدش (الحكاكة) Streak

عندما يحك المعدن على قطعة من الخزف (الصيني) غير المصقول، فإنه سوف يترك خطاً أو أثراً يماثل علامة ما يتركه القلم الرصاص، وهذا الأثر هو لون المسحوق الناعم للمعدن والذي يعرف باسم الحكاكة أو المخدش. والأداة المكونة من الصيني غير المصقول والتي يحك عليها المعدن المراد دراسته تسمى لوح المخدش (الحكاكة) (شكل ١٣).



شكل (١٣)

اختبار الخدش (الحكاكة)

وقد يختلف لون المعدن عن لون حكاكته، مثال ذلك، قطعة من معدن الهماتيت الأسود لون حكاكتها بني ضارب إلى الأحمر. والمعادن عالية الصلادة مثل التوباز أو الكورندم، لا تترك أثراً على لوح الحكاكة، حيث إن صلادة لوح الحكاكة حوالي ٧ وهي بالطبع أقل من صلادة معدن التوباز (صلادته ٨) أو الكورندم (صلادته ٩) ولهذا فإن لوح الحكاكة هو الذي سيُخدش وليس المعدن.

• البريق Lustre

هو مظهر سطح المعدن في الضوء المنعكس، ويقال لبعض المعادن مثل الفضة الحرة والذهب الحر إن لها بريقاً فلزياً؛ وأنواع البريق الأخرى هي البريق اللافلزي. وأهم أنواع البريق اللافلزي وأمثلة الشائعة هي:

الالامسى بريق لامع براق مثل الالامس.
 زجاجى يشبه بريق الزجاج مثل الكوارتز أو التوبار.
 صمغى أو راتينجى مثل بريق الصمغ كما فى معدن سفاليريت.
 شحمى مثل سطح الزيت كما فى معدن النفلين.
 لؤلؤى مثل سطح اللؤلؤ كما فى التلك.
 حريرى له مظهر الحرير أو الالكاف الصناعية ومثاله الاسبستوس.
 مطفأ أو أرضى مثل الطباشير والصلصال.
 وهناك البريق تحت الفلزى وهو وسط بين البريق الفلزى واللافلزى ،
 وأوضح أمثلته معدن ولفراميت.

وهناك مصطلحات أخرى مثل لامع (براق فى الضوء المنعكس) ووامض (له بريق خاطف) وأخاذ ومطفأ، وهذه كلها تستخدم للتعبير عن درجة البريق. وهنا لا بد أن نأخذ فى الاعتبار عوامل الصدأ، ونوع الضوء المستخدم، والحالة العامة لعينة المعدن التى تفحص.

• الوزن النوعى Specific Gravity

الكثافة أو الوزن النوعى لمعدن ما هى إلا وسيلة نافعة من طرق التعرف على المعدن، ويعين الوزن النوعى بمقارنة وزن عينة المعدن بوزن حجم مساو من الماء النقى. وعليه، فعينة من خام الرصاص (جالينا) (وزنها النوعى حوالى ٧,٥) تكون ثقيلة بمقدار ٧,٥ مرة مثل حجم مساو لها من الماء. ولتعيين الوزن النوعى للعينة المعدنية، توزن العينة أولاً فى الهواء بواسطة ميزان زبركى، ثم تدلى فى إناء به ماء نقى وتوزن مرة أخرى. والوزن الحقيقى للعينة (وزنها فى الهواء) يقسم على الفرق بين القراءتين ليكون الناتج هو الوزن النوعى. ثم تقارن النتيجة بجدول قياسى مدون فيه الأوزان النوعية للمعادن المختلفة وذلك للتأكد من دقة النتيجة.

• التشقق والكسر Cleavage and Fracture

تنكسر المعادن إذا تعرضت لإجهاد يفوق حد اللدونة والمرونة. فإذا كانت سطوح الكسور الناتجة غير منتظمة يقال إن البلورة لها مكسر، وإذا كانت هذه الكسور على طول سطوح البلورة مرتبطة بالبناء البلورى فيقال حيثشذ إن هذا تشقق. وكل مستوى تشقق فى البلورة يرتبط تماماً بالبناء الذرى للمعدن؛ وبالتالي

فإن مستويات الضعف في البلورة هي انعكاس للترتيب البنائي لبلورة المعدن، ونظرا لأن عدد مستويات التشقق الموجودة، وكذلك الزوايا بينها يكون دائما ثابتا، فإن خاصية التشقق تكون نافعة جدا في التعرف على المعدن. وقد يكون للمعدن اتجاه واحد للتشقق، وقد يكون هناك اثنان أو ثلاثة أو أربعة أو ستة اتجاهات للتشقق (شكل ١٤).

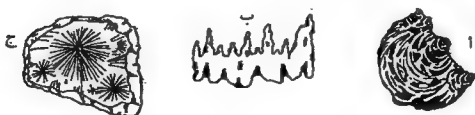


شكل (١٤)

أنواع التشقق

١- (مكعبى) ب- (معينى) ج- (كامل قاعدى)

فمثلا بلورة معدن الجالينا تشقق فى ثلاثة اتجاهات متعامدة بعضها على بعض وتقاطع فى زوايا رأسية. ولهذا إذا طرقت بلورة الجالينا طرقا خفيفا بمطرقة فإنها تنكسر إلى مكعبات صغيرة وعديدة من معدن الجالينا. ومن ناحية أخرى، فإن بلورة الكالسيت تشقق فى ثلاثة اتجاهات أيضا، لكن هذه الاتجاهات ليست متعامدة بعضها على بعض، ولهذا فإن بلورة الكالسيت إذا تنكّست إلى وحدات أصغر فإن الناتج سيكون أشكالا معينة الشكل متشقة. ويقال إن للجالينا تشقق مكعبيا، أما الكالسيت فله تشقق معينى. ومعظم المعادن تنكسر أو تشقق بطريقة محددة؛ ولهذا السبب فإن الأسطح المكسورة تكون لها فائدة فى التعرف على المعدن الذى تنكسر (شكل ١٥).



شكل (١٥)

أنواع المكسر

١- (معارى) ب- (معينى) ج- (شطوى)

وهناك أنماط عديدة لكسر المعدن؛ وأكثرها شيوعاً هي

أ- المكسر المعارى *conchoidal*

حيث يكون سطح المعدن المكسور عموماً لسطح الصدفة المقوس، وخير مثال على هذا النوع، مكسر معدن الكوارتز والأبسديان.

ب- المكسر الشظوى أو الإبرى *splintery or fibrous*

ويكون شكل السطح المكسور فى المعدن مثل الإبر أو الشظايا المتلاصقة، ومثاله الأسبستوس والبكتوليت.

ج- المكسر المسنن *hackly*

وفيه يكون السطح المكسور مستنا مثل مكسر النحاس والفضة.

د- المكسر غير المستوى *uneven*

ويكون سطح المكسر فى المعدن غير ناعم وبه نتوءات، ويوجد هذا النوع من المكسر فى كثير من المعادن، ولهذا فإن فائدة هذه الخاصية ذات قيمة قليلة فى التعرف على المعدن من خلالها. ومن الأمثلة المعدنية لهذا النوع الجاسبر (ضرب من الكوارتز).

هـ- المكسر المستوى *even*

وهو كما يدل عليه التعريف وتمثله معدن المجنزيت.

و- المكسر الأرضى *earthy*

مثل معدن الكاولينيت.

• التماسك *Tenacity*

تماسك المعادن قد يعرف على أنه مقاومة المعدن للتمزيق أو السحق أو الثنى أو الكسر، ويمكن التعبير عنها فى المصطلحات الآتية

أ- قصف (قصيف) *brittle*

ويمكن كسر المعدن وسحقه بسهولة، وتوصف درجة قصفه بأنها عسيرة أو هشة. مثال هذا النوع الجالينا والكبريت.

ب- مرن elastic

وفى هذا النوع يعود المعدن إلى شكله ووضعه الأصليين بعد ثنيه، مثل الميكا.

ج- قابل للثنى flexible

وفى هذا النوع يمكن ثنى المعدن، لكنه لا يعود إلى حالته الأولى بعد زوال القوى المسببة للثنى مثل الضغط، ومثاله التلك.

هـ- قابل للقطع sectile

حيث يمكن قطع المعدن بالسكين، مثل معدن الجبس والسيانيت والترك.

و- قابل للطرق malleable

فى هذا النوع يمكن طرق المعدن صفائح أو ألواح رقيقة السمك مثل الذهب والنحاس.

ز- قابل للسحب ductile

ويمكن سحب المعدن على هيئة أسلاك، مثال ذلك الذهب والفضة والنحاس.

• المذاق taste

بعض المعادن القابلة للذوبان لها طعم مميز، وإنه لمن الشائع لطالب الجيولوجيا أن يتذوق قطعة من معدن يظن أنها معدن الهاليت والمعروف باسم الملح الصخري، لكي يتحقق من طعمها المالح. ويتميز ملح شيلي (نترات الصوديوم) بأن له مذاقا رطبا، بينما معدن الشب الذى يذوب بسرعة، فله مذاق قابض حلو. والملح الإنجليزي (كبريتات المغنسيوم) له طعم مر لاذع. وباقى المعادن الأخرى لكل منها طعمها الخاص المميز.

• الرائحة odour

عندما تُحك بعض المعادن أو تُضرب أو يُتنفس عليها أو تسخن تنتج منها رائحة مميزة. مثلا لو سُخِّن معدن البيريت أو ضُرب، فسوف تتصاعد منه رائحة

قوية مميزة للكبريت. كذلك لو تنفسنا على معدن الكاولينيت أو المعادن الطينية عامة، فسوف نتصاعد منها رائحة طينية مميزة، ورائحة الثوم المميزة سوف تتصاعد من مركبات الزرنيخ عند تسخينها.

• الملمس Feel :

قد يفيد لمس المعدن في التعرف عليه، فقد تكون بعض المعادن ناعمة أو شحمية والبعض الآخر قد يكون خشنا، وبعض المعادن الأخرى قد تلتصق باللسان عند لمسها به.

• صفات فيزيقية أخرى

بالإضافة إلى الصفات الفيزيكية التي ذكرت سابقا، فإن هناك صفات أخرى، قد تساعد بشكل كبير على التعرف عليها ومثال ذلك.

• عرض الألوان Play of Colours

بعض المعادن تبدى ألوانا مختلفة إذا نظر إليها من زوايا مختلفة، مثال ذلك معدن لايرادوريت.

• الكوكبية (النجمية) Asterism

تلاحظ هذه الخاصية في المعادن التي تتجمع على هيئة نجمية وتفحص في الضوء المنعكس أو النافذ فتبدو وكأنها مجموعات كوكبية أو نجمية ومثال ذلك معدن فلوجوويت أو السافير النجمي.

• الشفافية Transparencey

تعزى هذه الخاصية إلى قدرة المعدن على إمرار وإنفاذ الضوء. والدرجات المختلفة للشفافية هي

أ- معتم opaque

لا يسمح بإمرار أو إنفاذ الضوء منه مثل معدن الجالينا والبيريت والمجنتيت.

ب- شبه شفاف translucent

يسمح المعدن بإمرار الضوء خلاله، لكن لا تظهر الأجسام من خلفه بوضوح، مثال ذلك معدن الخلقدونى وضروب معينة من معدن الكوارتز.

ج- شفاف (مُشف) Transparent

فى هذه الحالة يسمح المعدن بنفاذ الضوء خلاله ويمكن رؤية الأجسام من خلف المعدن بوضوح ومثال ذلك معدن الهاليت والكالسيت ومعدن الكوارتز المتبلور النقى.

• الانكسار المزدوج Double refraction

حينما يسقط الضوء على سطح معدن ما، فقد ينكسر شعاع الضوء شعاعين فى اتجاهين مختلفين ويتج عن ذلك صورة مزدوجة (شكل ١٩). وأوضح مثال توجد فيه هذه الظاهرة هو معدن الكالسيت.

• المغنطيسية Magnetism

يقال إن المعدن مغنطيسى، لو كان، فى حالته الطبيعية، ينجذب للحديد المغنط واللودستون (ضرب من معدن المجتيت)، مثلاً ومعدن المجتيت، والبيروثيت واللودستون هى معادن ممغنطة طبيعياً، وتنجذب إلى الحديد المغنط.

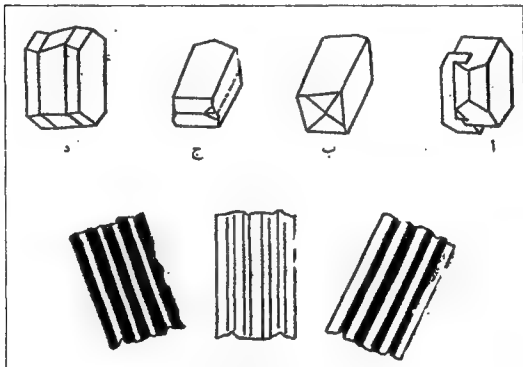
• التلوه Luminescence

عندما يتوهج المعدن أو يضيء ولا يكون ذلك ناتجاً عن عملية التوهج الحرارى، يقال عن هذا المعدن إنه متضوئ، وتحدث هذه الظاهرة نتيجة لتعرض المعدن للأشعة فوق (فوت) البنفسجية. وتنتج هذه الظاهرة أيضاً من تعرض المعدن للأشعة السينية وأشعة الكاثود أو الإشعاع المنبثق من المواد المشعة. أما إذا تَضَوَّى المعدن خلال مدة تعرضه للأشعة فوق البنفسجية أو أى أشعة مشابهة فيقال إن هذا المعدن متفلور (مثل معدن شيليت، ويلميت). أما المعدن الذى يدوم تَضَوُّه بعد زوال المؤثر فيقال عنه متفسفر.

• التوأمية Twinning

هناك بعض البلورات التى تتكون الواحدة منها من جزئين أو أكثر تتجه فى اتجاهات مختلفة، لكنها ترتبط بعضها مع بعض عبر مستوى يسمى مستوى التوأم. وإذا كانت البلورة تتكون من جزئين فقط، سميت توأماً بسيطاً، ويمكن مشاهدة ذلك فى بعض أنواع الجرانيت حيث توجد فيه بلورات معدن الأرتوكليس

التوأمة. ويخضع معدن الارثوكليز المتوأم لثلاثة قوانين فى توأمته هي «كارلسباد»، «بافينو» و «مانياخ» (شكل ١٦). والبلاجيوكليز (نوع آخر من الفلسبار) له توأمة متكررة طبقا لقانون «آلبيت»، وهناك التوائم الاختراقية وغير مثال عليها شكل الحديد المتصالب لمعدن البيريت، حيث تلتصم (تلتحم) البلورات إلى حد ما بواسطة الأوجه المتبقية لمستوى واحد من مستويات توأمتها. وبالطبع فإن التوأمة لا تدرس إلا تحت المجهر البترولوجى.



شكل (١٦)

قوانين التوأم

ب- بافينو

د- آلبيت

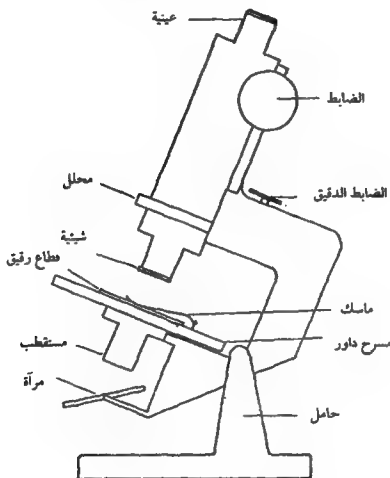
ا- كارلسباد

ج- مانياخ

٤- المجهر البترولوجى Polarizing Microscope

يحتاج دارسو الجيولوجيا إلى تعلم كيفية استخدام الميكروسكوب البترولوجى، (شكل ١٧) وهذا الجهاز يجعل الدارس قادرا على رؤية عينات المعادن تحت الضوء العادى وتحت الضوء المستقطب (يحصّر تنذبذ الضوء فى

مستوى معين) كما هو الحال فى النظارات الشمسية المستقطبة وكذلك بين المرشحين المستقطبين. إن استخدام أنواع مختلفة من الإضاءة يجعل الطالب قادرا على تحديد المعادن الموجودة فى الصخر بدقة. وبالنسبة فإن قطعة من الصخر التى تبدو كثيفة وغير ملفتة للنظر لو قطعت إلى شرائح رقيقة ونُظِرَ إليها فى الضوء المستقطب تحت الميكروسكوب، فإنها ستبدو غاية فى الجمال.



شكل (١٧)
المجهر البترولوجى

٥- المعادن عديمة التبلور Amorphous Minerals

معظم المعادن توجد فى صورة متبلورة، إلا أن بعضها يفقد الحالة البلورية، وهذه يطلق عليها اسم مواد لا متبلورة، ومعظم المواد اللامتبلورة مواد صلبة،

ومواد زجاجية، مثال ذلك الأوبال وقد يطلق على هذه الفئة أحيانا اسم أشباه المعادن.

٦- المعادن المكونة للصخور Rock Forming Minerals

يوجد حوالى ٢٠٠٠ معدن تقريبا فى القشرة الأرضية، من بينها عدد قليل يشكل أكثر المعادن شيوعا، وهذه تكون الجزء الأكبر من أكثر الصخور المنتشرة وتسمى المعادن المكونة للصخور. معظم هذه المعادن من السليكات؛ وهى مركبات تتج من ارتباط السليكون والأكسجين. وبعض أنواع المعادن المكونة للصخور مذكورة بالصفحات القادمة، ويوجد فى آخر الكتاب فى الملحق أ قائمة بصفاتها الفيزيائية المهمة.

أ- الفلسبارات feldspars

تشكل معادن الفلسبارات أهم مجموعة فى تكوين الصخور، وهى مجموعة واسعة الانتشار، حتى أنها تكوّن حوالى ٦٠٪ من المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية. وتوجد الفلسبارات فى جميع أنواع الصخور النارية تقريبا، وتوجد كذلك فى الصخور الرسوبية والمتحولة (الأنواع المختلفة للصخور مشروحة فى الفصول: الثالث والرابع والخامس من هذا الكتاب).

ومن الناحية الكيميائية فمعادن الفلسبار هى سليكات الألومنيوم مع عنصر أو عنصرين آخرين قد يكون البوتاسيوم، الصوديوم، الكالسيوم أو فى النادر الباريوم. والمعدنان الأساسيان فى مجموعة معادن الفلسبارات هما الأرتوكليز والبلاجيوكليز.

• الأرتوكليز orthoclase

معدن من معادن الفلسبارات البوتاسية الشائعة، ويمكن التمييز بينه وبين البلاجيوكليز بعدم وجود البنية الشريطية. ومعادن الميكروكلين معدن آخر تركيبه سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم وتركيبه الكيميائى $(K Al Si_3 O_8)$ مثل الأرتوكليز. ومع ذلك فإن كلا منهما يتبلور فى نظام بلورى مختلف، ويختلف كل منهما عن الآخر فى صفات فيزيائية عديدة. وغالبا ما يكون للأرتوكليز توأم

بسيط، طبقا لقانون من ثلاثة قوانين توأمية هي كارلسباد - بافينو - مانياخ. ويوجد معدن الأرتوكليز فى بلورات كبيرة الحجم فى صخر الجرانيت.

• البلاجيوكليز plagioclase

يعرف أيضا باسم البلاجيوكليز الصودى، ويوجد فى كثير من الصخور النارية وفى بعض الصخور المتحولة. ويظهر البلاجيوكليز فى ألوان لها مدى لوني واسع من الأبيض إلى الأصفر إلى اللون الرمادى المائل إلى الاحمرار إلى اللون الأسود. ويوجد ضربان من معادن البلاجيوكليز هما «ألبيت حجر القمر ولابرادوريت» ويتميزان بوميض داخلى لونه أبيض إلى زرق (عرض الألوان)، وتسمى هذه الخاصية باسم الأوبالية.

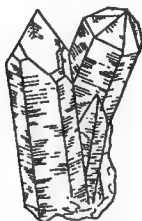
وللفلسبارات قيمة تجارية معتبرة، فيستخدم الأرتوكليز فى صناعة الصينى والخزف ومساحيق الصقل. كذلك تستخدم الفلسبارات فى صناعة الأصباغ والطلاء بالمينا والزجاج. وتستخدم فلسبارات البلاجيوكليز فى الصناعة بدرجة أقل من الفلسبارالبوتاسى، لكن بعضها يستخدم فى صناعة الحرايات (السيراميك).

ب- الكوارتز quartz

يعد معدن الكوارتز من أكثر المعادن انتشارا فى القشرة الأرضية. ويشكل المعدن جزءا مهما من تركيب الصخور النارية، كما أنه معدن شائع فى كثير من الصخور الرسوبية والمتحولة. وقد يوجد الكوارتز مرتبطا مع بعض المعادن الأخرى التى تكون الصخور، لكنه قد يكون المكون الرئيسى الوحيد فى تكوين بعض الصخور مثل الحجر الرملى النقى والكوارتزيت.

ويتكون الكوارتز النقى من السليكا (SiO_2) أساسا، وهى الأكسيد الوحيد للسليكون، لكن بعض ضروب الكوارتز تحتوى على شوائب مثل الحديد والمنجنيز. وهذه الشوائب هى المسببة لتلون الكوارتز بألوان مختلفة فى ضروبه العديدة. ويوجد معدن الكوارتز متبلورا على هيئة تجمعات بلورية أو على هيئة حبيبات أو كتل غير منتظمة. ويستخدم المصطلح «مستر(خفى) التبلور» للتعبير عن ضروب معدن الكوارتز التى تكون فيها البلورات دقيقة جدا ولم تتحد بعد.

ويتبلور معدن الكوارتز فى نظام السداسى، وعادة يكون لبلورته ستة أوجه، وتتهى البلورة بأهرامات طرفية (شكل ١٨).



شكل (١٨)
بلورات كوارتز كاملة لها نهايات
هرمية الشكل

وبعض أشهر أنواع معدن الكوارتز هى الجعشت، الكوارتز اللبنى، الكوارتز الوردى، البلور الصخرى، وكذلك الكوارتز المدخن. وضروب الكوارتز الكتلنى الذى لا توجد به أشكال بلورية. والكوارتز الخفى التبلور تشمل العقيق والخلقدونى والظران (التشرت) والصوان والجاسير. ويوجد الكوارتز فى كل الصخور تقريباً ومعظم أنواع الرمال تتكون أساساً من كُسارة الكوارتز. وتستخدم بلورات الكوارتز فى صناعة بعض الأجهزة الإلكترونية الخاصة مثل مذبذبات الراديو. وهناك ضروب أخرى من معدن الكوارتز تستخدم فى صناعة الزجاج الذى تصنع منه العدسات والمشورات الزجاجية. وهناك أنواع أخرى من معدن الكوارتز تعد من الأحجار شبه الكريمة. وفى بعض الحالات يكون ضرباً معيناً مشهوراً بإقليم معين، مثلاً ضرب الكوارتز المصبوغ بالمنجنيز، والذى تقوم عليه صناعة خاصة فى جزيرة شاتيل. ويستخدم الحجر الرملى فى أغراض البناء بينما تستخدم رمال الكوارتز فى صناعة الصنفرة (مواد السحج) وفى عمل الخرسانة والزجاج.

جـ- الميكا Mica

تميز مجموعة معادن الميكا بوجود التشقق الكامل القاعدى (ويسمى تشقق ميكائى). وتتميز الميكا بسهولة التعرف عليها، حيث إنها توجد فى هيئة أوراق رقيقة لأمعة مرنة.

والميك، مثل الفلسبارات، هي سليكات للألومنيوم، وتتميز بأن لها صبغة كيميائية معقدة. وليس للميك غير ضريين اثنين هما الأكثر أهمية، أحدهما المسكوفيت والآخر البيوتيت؛ ويعدان من المعادن المهمة المكونة للصخور. ومع ذلك فإن الفلوجوبيت والليبدوليت يعدان أيضا من معادن الميك الشائعة نسبيا.

• المسكوفيت Muscovite

يعرف المعدن باسم الميك البيضاء أو الميك البوتاسية وهي شفافة عادة وتوجد على هيئة بلورات رقيقة مسطحة مرنة وهي مكون شائع لبعض أنواع صخور الجرانيت والبقجماتيت (انظر الفصل الثالث)، وتوجد أيضا في بعض أنواع الصخور المتحولة والرسوبية.

وتعد الهند وروسيا (إذ ترجع التسمية "مسكوفيت" إلى اسم مدينة موسكو) وأمريكا أكبر البلاد المنتجة للمسكوفيت. ويمكن رؤية بلورات المسكوفيت اللامعة الصفائحية في الصخور الجرانيتية عالية الحموضة كما في مقاطعتي ديفون وكورنوال ببريطانيا.

وتستخدم الميك مسكوفيت في صناعة الأجهزة الكهربائية والملابس والأشرطة العازلة ودروع المصليح الكهربائية لحمايتها، والمشحمت، وصناعة الألوان، وكذلك في صناعة أشجار عيد الميلاد المستخدمة كزينة في المناسبة الخاصة بها.

• البيوتيت (الميك السوداء) Biotite

معدن شائع جدا ويوجد مخالطا للمسكوفيت. وتوجد في أنواع متعددة من الصخور النارية والمتحولة على هيئة صفائح رقيقة أو ألواح سوداء لامعة. ومعدن البيوتيت لونه بني أذكن يميل إلى اللون الأسود، وفي بعض الأحيان يكون ذا لون أخضر، وهو مكون من سليكات معقدة التركيب للألومنيوم والكالسيوم والمنسيوم والحديد. وباستثناء اللون الأسود، فإن الصفات الفيزيكية للبيوتيت تماثل تماما الصفات الفيزيكية للمسكوفيت. وعلى العكس من المسكوفيت، فإن معدن البيوتيت له قيمة تجارية محدودة للغاية. وقد كان البيوتيت هو المعدن الذي رآه أول رواد فضاء هبطوا على سطح القمر. واعتقدوا أنهم تعرفوا عليه حينما نظروا إلى أول صخر قمرى شاهدوه.

د- البيروكسينات Pyroxenes

تتكون مجموعة البيروكسينات من سليكات معقدة، وهي من أكثر مجموعات المعادن المكونة للصخور شيوعا. وأكثر معادن البيروكسينات انتشارا هو معدن الأوجيت، وهو مكون معروف وشائع للكثير من الصخور النارية الدكناء اللون. وتوجد البيروكسينات أيضا في أنواع معينة من الصخور المتحولة.

• الجاديت Jadeite

يوجد في نيوزيلندا وفي أماكن أخرى وهو أحد اثنين من ضروب معدن "الجاد" وهو حجر كريم.

هـ- الأمفيبولات Amphiboles

مجموعة معادن الأمفيبولات من المعادن الشائعة المكونة للصخور وهي شديدة القرابة لمجموعة معادن البيروكسينات، نظرا لتشابههما الكبير لدرجة أنه يسهل الخلط بينهما. ومن ناحية التركيب الكيميائي فمعادن الأمفيول تتركب من سليكات معقدة تحتوى على المغنسيوم والكالسيوم والحديد.

• الهورنبلند Hornblende

أكثر معادن الأمفيول شيوعا ويوجد مكونا أساسيا في الصخور النارية والمتحولة.

• الأكتينوليت والتريموليت Actinolite and Tremolite

معندان مهمان من معادن الأمفيول، وبعض علماء المعادن يصنفونهما على أنهما معدنان مستقلان متباينان، وعلماء آخرون يعتبرون أنهما معدن واحد ويسمونه سلسلة التريموليت - الأكتينوليت.

ويوجد المعدنان على هيئة بلورات طويلة منشورية وشكلها مثل نصل السكين، أو بلورات إبرية لها هيئة معدن الأسبتوس. ويستخدم التريموليت الإبري بدلا من الأسبتوس في عمليات العزل الحرارى ومقاومة الحريق. ويجب ألا يحدث لبس بين الأسبتوس - تريموليت وبين السربيتين أو الكريزوتيل - أسبتوس والمعدن الأخير هو الأكثر استخداما في الصناعة.

الهيئة الأخرى من «الجاد» هي «الفريت»، وهو من معادن مجموعة الأمفيبول. ويوجد أيضا «عين النمر» الذى يستخدم فى الزينة. وهناك ضرب آخر من الأمفيبول هو الريبكييت ويوجد فى جنوب أفريقيا.

و- الكالسيت Calcite

يتركب معدن الكالسيت من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، وهو أكثر أفراد مجموعة الكالسيت شيوعا، ويوجد فى كثير من الصخور الرسوبية والمتحولة، وهو المكون الأولى لمعظم الأحجار الجيرية (انظر الفصل الرابع). ويوجد الكالسيت فى الصورة المتبلورة والحبيبية أو الكتل الطباشيرية، وكذلك هيئة عروق معدنية، وفى الكهوف وفى رواسب التنايع، وأيضا فى أصداف حيوانات معينة (الشعاب المرجانية والقواقع والمحاريات).

والكالسيت يحدث فورانا مع حمض الهيدروكلوريك المخفف البارد؛ وهذا



شكل (١٩)

بلورة كالسيت معينة لها خاصية
الانكسار المزدوج

اختبار مفيد للتعرف على معدن الكالسيت وبعض المعادن الأخرى. وبعض أشكال الكالسيت تكون (متفلورة)، بينما البعض الآخر يكون شفافا رافقا. وبلورات معدن الكالسيت لها خاصية الانكسار المزدوج، حيث يظهر أى جسم خلال البلورة كما لو كان جسمين (انظر شكل ١٩) وأكثر ضروب الكالسيت شيوعا هو الأيسلندسبار، وأسبار أسنان الكلب والطباشير والترافرتين (بما فيه التوفا الجيرية والصواعد والهوابط التى تتكون فى الكهوف). والكالسيت هو المكون الرئيسى للأحجار الجيرية والرخام، ويستخدم فى صناعة الأسمنت والجير والمصيص وكمادة مصهرة فى

عمليات صهر خامات الحديد. كذلك يستخدم أحجارا للبناء والزينة، وأيضا فى صناعة الزجاج والأكوان والمخصبات. وهناك ضروب شفافه من معدن الكالسيت تستخدم فى صناعة الأجهزة البصرية وبخاصة فى المنشورات المستقطبة للضوء.

ز- الدولوميت Dolomite

مركب من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. ويشيع الدولوميت في الصخور الرسوبية، حيث يوجد مختلطاً بالكالسيت عادة. وقد يوجد متحداً مع كثير من الخامات المعدنية والعروق المعدنية وفي فجوات بعض الصخور النارية. ويختلف الدولوميت عن الكالسيت في أنه أكثر صلادة منه (صلادته ٣,٥)، كذلك فإن درجة تأثره بالاحماض المخففة الباردة تكون متوسطة، وقد تكون لبلوراته أوجه بلورية ذات أسطح منحنية. وأكثر استعمالات الدولوميت تكون في أغراض البناء (معظم الرخام يتكون من الدولوميت)، ويستعمل كذلك في صناعة الأسمنت كمصدر للمغنسيوم.

وسمى الدولوميت نسبة إلى عالم الجيولوجيا والمعادن الفرنسي الشهير جوى دولوميو (١٧٥٠ - ١٨٠١). وهناك طبقة من الحجر الجيري المغنيسي غنية بالدولوميت تمتد من نوتنجهام حتى ساحل دورهام بإنجلترا.

ح- الفلوريت Fluorite

يتكون الفلوريت من فلوريد الكالسيوم (CaF_2)، ويوجد في ضروب مختلفة الألوان تتدرج من الشفاف حتى الأسود الخالك. وهو معدن شائع الوجود. وفي بريطانيا، يستخرج الفلوريت بكميات اقتصادية في منطقة ويرديل (دورهام) وفي منطقة كاسلتون (ديربي شاير). وأكبر الدول المنتجة للفلوريت هي أمريكا، ويستخدم الفلوريت في صناعة الطلاء والزجاج وفي صناعة حمض الهيدروفلوريك. ويوجد ضرب من الفلوريت لونه أزرق قرمزي يعرف باسم «أزرق - جون» ويوجد فقط في منطقة كاسلتون، وتصنع منه المجوهرات وأواني الزهور.

ط- الأراجونيت Aragonite

الأراجونيت مثل الكالسيت، يتكون من كربونات الكالسيوم (CaCO_3)، لكنه يختلف عن الكالسيت في كونه أقل ثباتاً وفي أنه يتبلور في نظام المعيني القائم. ويوجد الأراجونيت معدناً ثانوياً في فراغات الحجر الجيري؛ وكراسب حول الينابيع الحارة؛ كما يوجد في رواسب الكهوف وفي أصداف بعض الحيوانات

مثل المحاربات والشعاب المرجانية. ومع أن الأراجونيت لا يوجد بوفرة مثل الكالسيت، إلا أنه يستخدم فى الأغراض نفسها.

ج-الجبس Gypsum

المعدن الشائع جدا والمعروف باسم «الجبس» يتكون من كبريتات الكالسيوم المائية ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)، ويتج عن عملية التبخر. ويوجد الجبس على هيئة رواسب سميكة فى منطقة مدلاند الإنجليزية، ومن أكثر ضروب معدن الجبس شيوعا السيلينيت Selenite والستانسبار Stain Spar والالبستر Alabaster وصخر الجبس.

ومعدن الجبس له أهمية اقتصادية عظيمة، ويستخدم بكثرة فى صناعة المصيص وتغطية الجدران الداخلية، وفى صناعة المخصبات الزراعية وكذلك فى صناعة الأسمنت البورتلندى والأصباغ والزجاج والحرايات (السيراميك) وكذلك فى صناعة الطباشير. وتعزى جودة صناعة مشروب البيرة فى منطقة بورتون - أن - ترنت إلى احتواء الماء المستخدم على نسبة من معدن الجبس - يستخدم ضرب الالبستر فى صناعة التماثيل كما يستخدم حجرا للزينة.

د-الأنهيدريت Anhydrite

مع أن معدن الأنهيدريت يماثل الجبس من الناحية الكيميائية، إلا أن الأنهيدريت (Ca SO_4) أكثر صلابة وأثقل وزنا نوعيا ويتبلور فى نظام المعنى القاتم (بينما يتبلور الجبس فى نظام أحادى الميل). وعند تسخين الأنهيدريت تظهر ألوان متفلورة من الأصفر إلى الأخضر أو الأزرق إلى الأبيض.

ويوجد الأنهيدريت فى صخور القمة لبعض قباب الملح، كما يوجد فى طبقات واسعة الانتشار فى منطقة 'بلنجهام' فى 'دورهام' بإنجلترا حيث يتم استخراجه كمادة خام للصناعات الكيميائية. ويستخدم أيضا فى صناعة الأسمنت والمخصبات وبدرجة أقل حجرا للزينة.

هـ-الهاليت Halite

يسمى عادة «الملح الصخرى» وتركيبه الكيميائى كلوريد الصوديوم (Na Cl). وتتكون كميات كبيرة من الهاليت نتيجة لعمليات البحر فى البحار

الداخلية لما قبل التاريخ. وخلال فترة البخر، فإن طبقات من معادن مختلفة ترسب طبقا للتتابع التالي يتكون الكالسيت والدولوميت أولا، ثم يليهما الجبس والانهيدريت، ثم الملح الصخري. ويلى ذلك الأملاح الأكثر ذوبالاً في الماء. ولوحظ هذا التتابع في رواسب ستراسفورت في ألمانيا حيث تكرر مرات عديدة نتيجة للاختلاف في مناخ وظروف ما قبل التاريخ. ولهذا فتوجد اليوم مجموعة من المعادن المهمة جدا في هيئة طبقات كتلية.

ويوجد منجم واحد للملح، في منطقة «شيشاير» بإنجلترا (لإنتاج الملح الصخري الذي يستخدم لمعالجة الجليد المتكون على الطرق)، لكن الأكثر شيوعا للحصول على الملح العادي هو ضخ الماء في طبقات الملح التي تذوب مكونة ماء ملحا، يترك ليتبخر بعد ذلك، حيث يحصل منه على الملح.

تعد بريطانيا والهند من بين ست دول في العالم تنتج أكثر من مليون طن من الملح سنويا. وإلى جانب الاستخدامات المنزلية للملح، فإنه حيوى للصناعات الكيميائية، كصناعة الزجاج والصابون والصناعات الفلزية. وزيادة على ذلك، فإن الكلور الذي يحصل عليه من الملح يستخدم لتنقية الماء وكعامل للتبييض (القصر).

ويختلف الملح عن باقى الصخور فى أنه حينما يتعرض للضغط لا يتشقق أو يثنى (ينطوى)؛ لكنه ينساب. وتوجد مثالج الملح فى إيران، والقباب الملحية التى تكونت نتيجة لانبثاق الملح فى مناطق الضعف من القشرة الأرضية، تؤدى إلى ظروف مثالية لتكوين البترول، وهذه الظاهرة ترى بوضوح فى المناطق الساحلية فى تكساس ولويزيانا بالولايات المتحدة الأمريكية.

م- الكاولين Kaolin

ربما يُعرَف أكثر باسم الصلصال الصينى، والكاولينيت معدن أبيض ناعم قد يكون شحميا، ويتكون نتيجة لتحلل الصخور المحتوية على الفلسبار. ويتكون الكاولين أساسا من سليكات الألومنيوم المائية المعروفة باسم كلولينيت $(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$. وحينما يبلل الكاولينيت يصبح لدينا وقابلا للتشكيل

فى أيدى الخراف. كذلك فله خاصية غير عادية وهى الالتصاق باللسان. وعندما يتنفس الإنسان على سطح معدن الكاولين، تظهر رائحة ترابية مثل رائحة الصلصال.

وربما تكون رواسب «كورنيش» الكاولينية بإنجلترا، قد تكونت من صخور جرانيتية نتيجة لفعل الهواء على الفلسبار (عمليات بنوماتوليتية). وبالرغم من كون الكاولين معدنا للألومنيوم، إلا أنه لا توجد بعد طريقة اقتصادية لاستخلاص الألومنيوم منه. والاستخدام الأساسى للكاولين فى صناعة الخزفيات (السيراميك)، يستخدم كذلك فى صناعة الألوان والورق والمطاط.

ن-السريتئين Serpentine

السريتئينات هى مجموعة معقدة من سلكيات المغنسيوم المائية، صيغتها العامة $(3\text{MgO} \cdot 2\text{Si}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$. وتوجد عادة فى كتل مندمجة ذات ملمس شحمى أو صابونى والشكل العام من السريتئين له لون أخضر إلى أسود، مبرقش ومتعرق بألوان أخرى بيضاء أو غيرها ومن ثم اشتق الاسم أما «الفرد أنتيكو» أو «رخام السريتئين» فهو معرق به معادن بيضاء مثل الكالسيت والدولوميت. ونظرا لانه قابل جدا للصقل والتلميع فإن هذا الصخر يستخدم كثيرا فى أغراض التكبسة وأعمال الزخرفة.

وهناك صناعة نشأت حول منطقة لزارد فى كورنوال بإنجلترا لتمد السياح بمجوهرات ليست غالية الثمن وأيضا بمجوهرات الثياب، وذلك باستغلال ضروب السريتئين المختلفة فى هذه الصناعات.

من-الكريزوتيل Chrysotile

ضرب من السريتئين وهو المعدن الأساسى للأسبستوس.

ع-الكلوريت Chlorite

تكون مجموعة الكلوريت من سلكيات معقدة للألومنيوم والمغنسيوم والحديد مرتبطة مع الماء. هذه المعادن تكون خضراء غالبا وتشبه الميكا وتوجد عادة فى كتل حشروفية أو متورقة، وقد توجد على هيئة بلورات فضدية أو سداسية الشكل. ومجموعة الكلوريت مكون أساسى فى كثير من الصخور النارية والمتحولة

٧- المعادن الفلزية أو معادن الخامات Metallic or Ore Minerals

تعد الفلزات من أكثر المنتجات القيمة التي عرفها الإنسان، وهذا هو سبب اهتمام الجيولوجيين الكبير بالمعادن الفلزية ومعادن الخامات. وتوجد المعادن الفلزية في رواسب الخامات والكتل الصخرية، والتي يمكن الحصول منها على الفلزات بكميات تجارية.

وعادة توجد مع خامات المعادن القيمة مجموعة من المعادن الأقل قيمة وتسمى المعادن الغثة، ولا بد أن يفصل المعدن الغث عن المعادن الأكثر قيمة.

وفيما يلي وصف لبعض الفلزات المعروفة

(أ) الألومنيوم Aluminium

أحد أهم الفلزات في الصناعة، ويستخلص أساسا من البوكسيت *bauxite*، وهو خليط من شكلين من أكاسيد الألومنيوم «دياسبور» *diaspore* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) و«جيبسيت» *gibbsite* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). ويوجد البوكسيت في هيئة كتل ترايبية تشبه الصلصال، أو في أشكال بازالتية (شكل حبات البازلاء) على هيئة درنات مستديرة في وسط صلصالي.

ونظرا لأنه فلز خفيف ويقاوم عمليات التآكل وقوى نسيب، فإنه يستخدم في كل أنواع الصناعات تقريبا، من صناعة هياكل الطائرات إلى صناعة الأدوات المنزلية وأدوات الزينة. وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء، ولهذا فهو يستخدم بديلا عن النحاس الأغلى ثمنا في الصناعة المتصلة بهذه الأغراض. ومع أن الألومنيوم هو أكثر الفلزات شيوعا، إذ يكون ٨٪ من القشرة الأرضية، إلا أنه لا يوجد في الشكل المناسب لاستغلاله، وكما ذكرنا سابقا أن الكاولين هو المصدر المحتمل للألومنيوم فإن طفلة - الشب في منطقة وايتبي *Whitby* في يوركشير بإنجلترا، قد أنتجت الألومنيوم لكن بكميات قليلة اقتصاديا، والدليل على ذلك محاجره المهجورة هناك.

(ب) النحاس Copper

أضاف النحاس الكثير إلى تنمية الحضارة. ويوجد النحاس أساسا في الصخور النارية أو في عروق الخامات، ويتشتر في أماكن كثيرة من العالم.

وبالرغم من وجود معادن مختلفة للنحاس (وصف منها حوالي ١٦٥ ضربا)، إلا أننا سوف نشرح فقط أكثرها أهمية من الناحية الاقتصادية

• النحاس الحر (Native Copper (Cu

يوجد النحاس الحر على هيئة كتل غير منتظمة أو صفائح في أنحاء مختلفة من العالم. والكالكوبيريت $CuFeS_2$ المعروف باسم بيريت النحاس، واسع الانتشار في كثير من الصخور، وهو الخام الرئيسى للنحاس. ويوجد على هيئة كتلية في أشكال صفراء نحاسية تماما، ويوجد في مناطق من بينها كورن وول Cornwall بإنجلترا. ويوجد في أستراليا أيضا. ويختلف الكالكوبيريت عن البيريت (كبريتيد الحديد) في لونه الأكثر دكانة، وفي أنه أكثر ملامسة، وفي كونه قصيف جدا، وهذه الصفة تستخدم للتمييز بينه وبين الذهب الذى يكون غالبا قابلا للطرق. ومع ذلك. ففي بعض المناطق، قد يحمل الكالكوبيريت الذهب والفضة معه.

• الكالكوسيت $Chalcocite Cu_2S$

يوجد الكالكوسيت متناثرا عادة في الصخر المضيف، ولهذا السبب يطلق عليه اسم نحاس فيرفيرى، ويوجد أيضا على هيئة رواسب العروق، ومهما يكن الخام منخفض الرتبة، لكنه يستخلص اقتصاديا وبسهولة. ويوجد الكالكوسيت بكميات تجارية في أميركا وغيرها.

• الأزوريت Azurite

يعرف الأزوريت $(2CuO_3 \cdot Cu(OH)_2)$ أيضا باسم تشيسيليت chysylite، ويتميز بلونه الأزرق اللازوردى وبميله للفوران في الأحماض. وتوجد كربونات النحاس عادة فى هيئة كتل ناعمة أو غير منتظمة، وتوجد عادة مع المالاكيت (انظر فيما بعد). وقد تنمو على هيئة بلورات نضدية، ذات لون أزرق عميق (أدكن) تتبلور في نظام أحادى الميل، وتستعمل - مثل المالاكيت - حجرا للزينة وأيضاً مصدرا هاما للنحاس. وتوجد في منطقة ردروث فى كورن وول. ويرجع تسميتها تشيسيليت نسبة إلى منطقة توجد في فرنسا.

• المالاكيت $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$

بالرغم من أن معدن المالاكيت له نفس التركيب الكيميائي لمعدن أزوريت، لكنه يميز عنه بلونه الأخضر الزاهى وبلون حكاكته الأخضر الفاتح (النال). والمالاكيت أكثر شيوعا من الأزوريت ويوجد عادة فى عروق معدنية فى الحجر الجيري، وهو خام آخر مهم للنحاس، واستخدم لدى محدود فى لناعة أدوات المائدة وأواني الزهور وأعمال الزينة الأخرى. ومثل الأزوريت، يوجد المالاكيت فى منطقة «دروث» فى كورنوال بإنجلترا، لكن أكبر راسب له يوجد فى سيبريا، وأستراليا (منجم بيورايبورا)، وفى كاتنجا فى جمهورية الكونغو (الكونجو).

هناك خامات هامة أخرى للنحاس، وتستعمل تجاريا وتشمل

١- كوبريت cuprite (الأكسيد الأحمر) ويستخرج فى كورنوال وأستراليا.

٢- بورنيت bornite (خام لحم الحصان) ويستخرج من كورنوال وألمانيا.

٣- كريزوكولا chrysocolla ويوجد أيضا فى كورنوال وفى أستراليا (بالقرب من أديليد) وفى كاتنجا وزامبيا.

(ج) الذهب Gold

نظرا لجماله الشديد ووجوده فى لورة حرة، وأنه لا يستخلص من الخام بعمليات ميتالورجية معقدة، لذا عرف الإنسان قيمته منذ فجر التاريخ. وفكرة أن الذهب غال نظرا لسندرتة تمثل مفهوما خاطئا، ففى الواقع أن الذهب يتشر فى أماكن كثيرة حول العالم (حتى فى مياه البحر). والذهب الحر (Au) native gold يوجد فى عروق الكوارتز، ومصاحبا لمعدن البيريت Pyrite (الذى يشابهه). وذهب طمى الفيضان alluvial gold يوجد فى منطقة كورنوال وأسكتلندا. والذهب المستخرج من شمال ويلز تصنع منه خواتم الزفاف للأسرة المالكة البريطانية، لكن إنتاج بريطانيا من الذهب لا يعد كبيرا إذا ما قورن بإنتاج جنوب أفريقيا والاتحاد السوفيتى والولايات المتحدة وكندا أو أستراليا.

(د) الرصاص Lead

أهم مصدر للرصاص هي الجالينا (PbS) التي توجد في أنواع كثيرة من الصخور، تشمل الصخور النارية والرسوبية والمتحولة. وقد يوجد كبريتيد الرصاص كراسب إحلال في الحجر الجيري أو في جيوب مركزة في أماكن محددة.

وتوجد الجالينا عادة مختلطة بالنحاس والزنك والفضة، وبعض من هذه الخامات قد توجد بكميات كافية مما يجعلها مربحة تجارياً. والجالينا معدن ناعم الملمس لونه رمادي، أشبه بالرصاص نفسه. ومعظم إنتاج العالم من الجالينا يستخرج من أميركا وأستراليا (خاصة عند بروكن هل Broken Hill ونيوسوث ويلز New South Wales). ولقد نشأت في الماضي صناعة مهمة في بريطانيا في مناطق كورن وول وكمبرلاند ودربي شاير وجزيرة مان واسكتلندا، حيث وجدت كميات كافية من الجالينا. خام آخر للرصاص هو سيروسيت cerussite ($PbCO_3$)، وخام ثالث هو إنجلزيت anglesite (كبريتات الرصاص $PbSO_4$) وهو مصدر قيم لبعض الرصاص، ويوجد في أجزاء عديدة من بريطانيا مثل منجم بوريس Porys Mine، ويوجد أيضاً في أستراليا. يستخدم الرصاص في صناعة الألوان والأصبغ (في شكل الرصاص الأبيض) وفلزات الطباعة، والأنايب والمراكم، وأشباهات (سبائك) اللحام، وسبائك الفلزات، والمواد الدرعية للوقاية من النشاط الإشعاعي والأشعة السينية.

(هـ) الزئبق Mercury

أكثر خامات الزئبق شيوعاً هو السنابار cinnabar (المعروف باسم الفضة السريعة quicksilver)، وتركيبه كبريتيد الزئبق HgS . وبالرغم من وجوده في أماكن قليلة نسبياً، إلا أن السنابار يوجد في الصخور البركانية والصخور الرسوبية وبالقرب من الينابيع الحارة. ويوجد في صورته المثالية على هيئة كتل ترابية أو تجمعات جيئية دقيقة لونها أسود. والزئبق الحر (native) قد يوجد أيضاً في قطرات فضية صغيرة في راسب معينة للسنابار. وتعد أستراليا أكبر منتج للسنابار في العالم، لكن إيطاليا هي الأخرى منتج كبير نسبياً. ويتج السنابار أيضاً في أميركا ويستخرج كذلك من أستراليا ونيوزيلندا.

والحقيقة التي تقول بأن السنابار قد ترسب من مياه الينابيع الحارة دليل على
تكونه في صخور الثلاثي البركانية .

ويرتبط الزئبق مع معظم الفلزات ليكون «الملغم» ويستخدم ملغم النحاس في
حشو الأسنان. والزئبق مهم في صناعة المفرقات وفي صناعة الأجهزة العلمية مثل
الترمومترات والبارومترات.

(و) الفضة Silver

هذا معدن آخر عرف الإنسان قيمته، وقد توجد الفضة في صورة الفضة
الحرة (Ag)، وتكون عادة صلبة، إما متناثرة في الصخور أو في صورة عروق
معدنية. والأرجنتيت Ag_2S ، وهو كبريتيد الفضة يعد أكثر خامات الفضة شيوعاً،
وقد يوجد مع الفضة الحرة وبعض الفلزات المعدنية الأخرى.

ويوجد الأرجنتيت عادة في صورة كتلية أو في صورة قشرية، وقد تكون
منه بلورات مكعبية. وتعد المكسيك أكبر منتج للفضة في العالم، وتليها الولايات
المتحدة، وتأتي كندا في المرتبة الثالثة.

وتنتج الترويج (كونغسبرج Kongsberg) وبيرو وأستراليا (بروكنهل
ونيوست ويلز) ومناجم مونت إسا وكوينزلاند، كميات معقولة من الفضة.

وتستخدم الفضة في صناعة العملة والمجوهرات وأدوات المائدة، وتستخدم
أيضاً في طلاء المعادن والتصوير والصناعات الكيميائية والإلكترونية.

(ز) القصدير Tin

الخام المهم الوحيد للقصدير هو الأكسيد (كاستيرايت SnO_2) أو «حجر
القصدير tinstone». وبالرغم من انتشاره الواسع بكميات قليلة، إلا أنه يوجد
بكميات تجارية في الصخور النارية، حيث يختلط عادة بالكوارتز والتوباز
والجالينا والتورمالين. وكان الرومان يستخرجون القصدير في كورنوال. أما في
الوقت الحالي، فإن معظم إنتاج العالم من القصدير يأتي من الملايو وبوليفيا
وإندونيسيا. ويستخدم القصدير في أعمال الطلاء (تطمين المعلبات أحد
الاستعمالات الرئيسية للقصدير)، وفي سبائك اللحام، وقلزات الطباعة، ورقائق
القصدير، والمخلط بالنحاس لصناعة البرونز.

(ح) الزنك Zinc

هذا فلز آخر من المجموعة التي لها أهمية اقتصادية، والحام الأولى له هو الزنكلند أو الاسفاليرايث (ZnS). وهو معدن يشبه معدن الجالينا في نشأته ووجوده الذي يوجد مختلطاً به عادة. ويوجد في العروق المعدنية في الصخور النارية والرسوبية والمتحولة، وكرواسب إحلال في الحجر الجيري. وتعد الولايات المتحدة وكندا والمكسيك وبيرو وأستراليا الدول الأساسية المنتجة للزنك.

ويستخدم الزنك في جلفنة الصلب، وفي صناعة الألوان والنحاس الأصفر. ومستحضرات التجميل، وفلزات الطباعة وصناعة البطاريات الجافة وفي أغراض أخرى متعددة.

(ط) الحديد Iron

ربما يكون الحديد هو أهم الفلزات الأساسية على الإطلاق، ويمكن الحصول على الحديد من كثير من المعادن تشمل الهيماتيت والمجنتيت والليمونيت.

والهيماتيت؛ أكسيد الحديد (Fe_2O_3) ؛ هو أحد أكثر المعادن شيوعاً في العالم؛ ويوجد في طبقات كتلية سوداء وفي صخور الشيبست المتورقة، وهو في الأصل رسوبى النشأة، ومعظم الرواسب الحديدية تغيرت وتحللت وحدثت لها عملية إثراء بفعل المحاليل الأرضية.

ومعدن الهيماتيت استخلص في أجزاء عديدة من بريطانيا؛ من غابة دين Forest of Dean (جلومسترشاير) وكمبرلاند. وأضخم الرواسب توجد في كندا في منطقة البحيرات العظمى Lake Superior. والمجنتيت magnetite وتركيبه Fe_3O_4 يجذبه المغنطيس بشدة، وتوجد ضروب من المجنتيت تعمل عمل المغنطيس وتعرف باسم لودستون lodestone. وتوجد كميات ضخمة من هذه الرواسب في المناطق الإسكندنافية وفي أميركا.

والليمونيت limonite هو اصطلاح يستخدم للدلالة على مجموعة مختلطة من هيدروكسيدات الحديد؛ صيغتها الكيميائية على وجه التقريب $Fe_2O_3 \cdot x H_2O$.

وتوجد فى كتل ترابية أو فى كتل مدمجة، وهى من خامات الحديد الشائعة نسيما، وتوجد فى أسبانيا وكوبا، ويشيع وجودها فى خامات الحديد البريطانية من الدور الجوراسى.

والبيريت pyrite «أو الذهب الخادع»، معدن للحديد يستخدم بقله كمصدر لفلز الحديد، وهو كبريتيد الحديد (FeS_2)، ويوجد مختلطا بعدد من الخامات المختلفة، منها النحاس والذهب. ومعدن البيريت يعد مصدرا قيما للكبريت ويستخدم فى صناعة حمض الكبريتيك.

ويوجد الحديد الحر native iron، فى جيانث كوزواى Giants Causeway بإجلترا فى النيازك وفى أماكن أخرى. ومعدن السيدريت siderite $FeCO_3$ معدن عروق مهم يستغل فى ألمانيا ومعدن الماركزيت marcassite FeS_2 يوجد فى درنات صخور الطباشير، ويستخدم كحجر شبه كريم فى صناعة المجوهرات.

(ى) النيكل Nickel

يستخدم النيكل على نطاق واسع فى السبائك (الاشابات) لصناعة العملة وفى الصناعات الكهربائية وهو مثل الحديد يمكن مغنطته.

• البنتلنديت pentlandite

هو الخام الأساسى للنيكل وتركيبه $(Fe, Ni)S$. وأضخم الرواسب التى اكتشفت حتى الآن توجد فى سيدبرى Sudbury وأونتاريو Ontario. وفى ديسمبر ١٩٦٩، وبعد اكتشاف احتياطيات كبيرة من النيكل فى وندورا Windorra بأستراليا، ارتفع سعر الأسهم بطريقة لم يسبق لها مثيل فى شركة بورسيلون للمناجم.

(ك) الكوبالت Cobalt

توجد خامات الكوبالت عادة مع خامات الحديد والنيكل. ويستخرج معدن إسمالتيت ($Co As_2$) من كورنوال، وأونتاريو وكتانجا وزامبيا. يستخدم الكوبالت فى الصناعات الكيميائية وكصبغ هام فى صناعة الألوان والحراريات. وتصنع المغنطيسات بصفة دائمة من أشابات الكوبالت تقريبا.

(ل) الكروم Chromium

الحام الوحيد المهم للكروم هو الكروميت (FeCr_2O_4). ومن أكبر الدول المنتجة للكروم روسيا وروديسيا والهند. والكروم مادة مهمة لتبطين الأفران اللافة. ويستخدم فلز الكروم نفسه في الطلاء بالكروم وفي صناعة الصلب الذي لا يصدأ.

(م) المنجنيز Manganese

يوجد المنجنيز عادة مع الكوبالت وما يختلط به. ويوجد على هيئة أكاسيد متعددة للخم، منها البيرولوسيت pyrolusite والبيلوميلين psilomelane. وتعد روسيا والهند المصدران الرئيسيان لهذه الخامات. وللمنجنيز قيمة عظيمة في صناعة الأشابات (السبائك) alloys وبخاصة في صناعة الصلب.

(ن) المغنسيوم Magnesium

يوجد بكثرة في أماكن كثيرة من العالم، وهو ثامن العناصر وفرة في القشرة الأرضية. ويستخلص المغنسيوم الفلز بالطرق الكهربائية من الكارناليت carnallite ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)، وكذلك من مياه البحر.

• المنجنيز magnesite

يوجد المنجنيز (MgCO_3) في العروق المعدنية في اليونان والهند، كذلك على هيئة معدن استبدالي في صخور توجد في النمسا وكندا. ويستخدم المنجنيز في تبطين الأفران اللافة وفي صناعة الأسمنت، وكذلك في صناعة الورق والسكر.

• الدولوميت dolomite

أصبح الدولوميت $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ مصدرا اقتصاديا مهما للمغنسيوم. ويوجد خامان آخران للمغنسيوم، تجدر الإشارة إليهما وهما إيسوميت epsomite (ملح إبسوم $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ epsom salt) الذي يستخدم في صناعة الأدوية، ومعدن إيسينيل spinel (MgAl_2O_4) وهو حجر كريم يوجد في سيلان Cylon وبورما Burma وتايلاند Thailand.

Uranium (س) اليورانيوم

فى هذا العصر المسمى بالعصر الذرى لعبت المعادن المشعة دورا متزايد الأهمية فى التكنولوجيا الحديثة. وبالرغم من وجود عدد من المعادن المشعة، فإن اثنين منها سوف نلقى عليهما الضوء نظرا لأهميتهما

اليورانياتيت والذى يعرف أيضا باسم البتشيلند، هو المصدر الأساسى لليورانيوم والراديوم، وهو أكسيد معقد لليورانيوم. ويحتوى اليورانياتيت على كميات ضئيلة من الثوريوم والرصاص والهليوم وكذلك عناصر نادرة معينة أخرى وقد يوجد اليورانياتيت على هيئة مكون أولى فى بعض صخور الجرانيت والبيجماتيت. ويوجد أيضا معدنا ثانويا مع خامات الرصاص والنحاس والفضة.

• كلارنوتيت Carnotite

معدن ترابى مسحوق؛ وهو خام لليورانيوم والفاناديوم، ولذا يسمى فانادات يورانيل البوتاسيوم، وتركيبه الكيميائى $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$ ويوجد الكارنوتيت مترا فى الصخور الرسوبية المجاورة، وخاصة فى الحجر الرملى. وتعد كاليفورنيا إحدى أكبر المناطق المنتجة للكارنوتيت، كما أنه يوجد فى أستراليا وفى مناطق أخرى من العالم.

٨- المعادن اللافلزية أو الصناعية Non - Metallic or Industrial Minerals

تشتمل هذه المجموعة على المعادن التى لا تحتوى على فلزات معينة أو المعادن التى تستخدم لاحتوائها على نسبة معينة من فلز ما، وتضم هذه المجموعة الفحم، والنفط، والكبريت، والمخصبات، وأحجار البناء، والأحجار الكريمة. وفيما يلى وصف لبعض من هذه المعادن والمنتجات التى استخلصت منها

• مواد السحج Abrasives

هى مواد تستخدم فى صقل وسحج أو قطع المعادن الأخرى. والمعادن التى تستخدم فى هذه الأغراض هى الجارنت والألماس والكورندم وبعض ضروب معدن الكوارتز.

• الأسبستوس Asbestos

تستخدم بعض معادن السليكات الإبرية كمواد عازلة، ومواد ضد الحريق وفي صناعة البلاستيك، وفي تبطين الكوابح (الفرامل) وأكثر هذه المعادن أهمية هى الكريزوتيل، والكروسيڤوليت والاكينوليت - تريمويت.

• الأسمنت والجير والجبس Cement , Lime and Plasters

يتكون الحجر الجيرى أساسا من كربونات الكالسيوم، ويستخدم فى صناعة الأسمنت البورتلندى والجير الزراعى وكذلك فى أحجار البناء ؛ وكربونات الكالسيوم مادة مهمة جدا فى صناعة الصلب. والجبس، وهو كبريتات الكالسيوم يستخدم فى صناعة المصيص والطلاء وعجينة باريس.

• الصلصال Clay

تستخدم معادن الصلصال مختلطة مع بعض المعادن الأخرى مواد أساسية لصناعة الطوب والبلاط والفخار والصينى. وتستخدم معادن الصلصال فى صناعة الورق، ومشمع الأرضيات، والأسمنت وفى أعمال الأساسات أيضا.

وهناك أنواع خاصة من الصلصال تصنع منها القوالب الحرارية التى تستخدم فى تبطين الأفران والمحارق.

• معادن الخصبات Mineral Fertilizers

البوتاسيوم والتروجين والفوسفور هى العناصر الثلاثة الأساسية التى تساعد على نمو النبات. ويعد صخر الفوسفات مصدرا قيما للفوسفور لما يحتويه من كمية كبيرة من معدن الأباتيت. أما السلفيت Sylvite فهو مصدر مهم لعنصر البوتاسيوم والترات الطبيعية لإمداد النبات بما يحتاجه من عنصر التروجين ومعظم معادن المخصبات تستخرج من شيلى. وهناك معادن ومواد أخرى تستخدم فى صناعة المخصبات مثل الحجر الجيرى الأرضى والجلوكونيت والجبس والبوراكس ويتزايد الآن استخدام الأنهيدريت.

• الملح Salt

الهاليت هو ملح الطعام الشائع، ويستخدم كثيرا فى الصناعات الكيميائية مصدرا أساسيا لمركبات الصوديوم وكذلك للكلور (ولكن بدرجة أقل). ويستخدم

الملح فى عمليات دبغ الجلود وتحضير الأطعمة وأنواع خاصة من المواد التى تساعد على التجمد. هذا قليل من الكثير من فوائد هذا المعدن المهم والذى كان دائما مهما بالنسبة للإنسان.

الكبريت Sulphur

يوجد هذا المعدن الأصفر اللافلزى، فى الصخور البركانية وحول العيون الحارة ويرتبط مع القباب الملحية. ويتج الكبريت أساسا من صخور القمة cap rocks للقباب الملحية فى ولايتى تكساس ولويسيانا فى الولايات المتحدة، بينما تنتج جزيرة صقلية وأماكن أخرى من العالم كميات من الكبريت، لكن بدرجة أقل. ويستخدم الكبريت ومركباته فى صناعة الورق وحمض الكبريتيك ومسحوق البارود والثقاب والمبيدات الحشرية وفى صناعة الدواء. كذلك يستخدم الكبريت فى عملية فلكنة المطاط.

وتحتوى الينابيع المعدنية فى منطقة هاروجيت Harrogate وتشلتنهام Cheltenham، و «بات» Bath على كبريتيد الهيدروجين (H_2S) والذى تشبه رائحته رائحة البيض الفاسد. ولوجود كبريتيد الهيدروجين وبعض المعادن الأخرى فى الينابيع المعدنية، يعتقد أن لها فوائد صحية للمتعبين وكبار السن.

الفصل الثالث

الصخور النارية والبركانة

IGNEOUS ROCKS AND VOLCANISM

الصخور النارية هي تلك الصخور التي تصلبت من حالة منصهرة أصلا. واشتقت الكلمة من أصل لاتيني ومعناها النار ignis، وكثير من الصخور والمعادن الموجودة عند أعماق بعيدة في داخل الأرض توجد في صورة منصهرة نظرا لشدّة الحرارة المتزايدة في الأعماق. والصهارة هي أجسام كبيرة من الصخور توجد في حالة منصهرة ومدفونة في أعماق الأرض. وفي بعض الأحيان، قد تتدفق مواد الصهارة خارج سطح الأرض، ومثال ذلك انسياب اللابة من البركان وتسمى هذه المواد الصهارية التي تتصلب فوق سطح الأرض باسم الصخور البركانية أو الطفحية أو النابطة. وفي ظروف أخرى، قد لا تجد الصهارة طريقا لها إلى سطح الأرض، لكنها تشق طريقها متدخلة في صخور أخرى حيث تبرد وتتجمد.

وهذه الصخور المتدخلة تكون ما يسمى بالصخور المتدخلة أو البلوتونية intrusive وتتميز الصخور النارية عن الصخور الرسوبية والصخور المتحولة بنسيجها وبنيتها ومحتواها المعدني، وعدم احتوائها على حفريات.

١- الصخور المتدخلة أو البلوتونية Intrusive or Plutonic Rocks

تكونت هذه الصخور نتيجة لتجمد خليط معدني منصهر تحت سطح الأرض، وكلما ازداد العمق الذي تحدث عنده عملية التجمد، كان معدل فقد الحرارة بطيئا، وبالتالي تكون صخور تتميز بأنسجة غليظة من بلورات معدنية كبيرة الحجم نسبيا. وعلى القيقض من ذلك، فالصخور التي تبرد بسرعة أكبر؛ حيث أنها تكون أكثر قربا من سطح الأرض، يكون لها نسيج دقيق.

ويعتمد نسيج الصخر الناري أساسا على شكل وحجم وطريقة ترتيب الحبيبات المكونة للصخر. ونظرا لطبيعة التزاخم الذي تتكون عنده جسيمات المعدن، فإن المعادن تبدو زاوية أو ذات شكل غير منتظم. وفيما يلي وصف لبعض أنواع الصخور النارية البلوتونية (الجرانيت والجابرو والبريدوتيت والسيانيت والديوريت):

• الجرانيت Granite

أكثر أنواع الصخور النارية البلوتونية غليظة التحبب انتشارا هو الجرانيت (شكل ٢٠) والجرانوديوريت والأبلت والبجماتيت والميكروجرانيت. ويتردد قطر البلورات عموما في هذه الصخور بين ٠,٦٣ - ٠,٠ من البوصة ونصف البوصة، لكن بعض أنواع الجرانيت ذات البنية القفريرية، يوجد فيها بوضوح عدد من البلورات الكبيرة. مثال ذلك جرانيت شاب Shap Granite، توجد فيه بلورات كبيرة من الأرتوكليز، وردية اللون يسهل التعرف عليها بوضوح، وهناك جلاميد كبيرة من «جرانيت شاب» توجد على شاطئ خليج روبين هود، يوركشير بالإنجلترا على بعد ٨٠ كيلو مترا تقريبا من «شاب» حيث جلبها الجليد إلى هناك على هيئة صخور هائمة، وتقرمت هذه البلورات بالنسبة للبلورات العملاقة (قطرها ٢٠ قدما أو أكثر من ذلك) والتي وجدت في صخور البجماتيت في النرويج، وفي الميكا في جنوب أفريقيا.



شكل (٢٠)

جرانيت، صخر ناري جوفي، غليظة التحبب

ويتكون الجرانيت أساسا من معادن الكوارتز والفلسبار والميكا أو الهورنبلند، ويحتوى الأبليت aplite على نسبة عالية من فلسبار الأرتوكليز ويوجد فى عروق الجرانيت، كذلك صخور البجماتيت ذات الحبيبات الأكثر غلظا، ويوجد أيضا فى الجدد والصخور الإقليمية. والميكروجرانيت وهو من الصخور الجرانيتية دقيقة التحبب وتوجد أحيانا عند حافات المتدخلات البلوتونية، وكذلك يوجد الميكروجرانيت فى الصخور البركانية النابطة. وعندما تزداد نسبة البيوتيت (معدن أدكن من معادن الميكا) فى صخر الجرانيت يصبح اسمه جرانوديوريت.

وصخر الجرانيت ناضل اللون عادة، وقد يكون أبيض أو رماديا أو ورديا أو بنيا ضاربا إلى الاصفرار. وبالرغم من أن الحبيبات المفردة يمكن رؤيتها بوضوح، فإنها تلتحم بعضها مع بعض لتكون صخرا صلبا ثابتا. ويمكن صقل صخر الجرانيت ليستخدم أحجارا للبناء والزينة، وفى الأبنية الضخمة التذكارية، وأكثر الأنواع شهرة فى هذا المجال هما جرانيت شاب Shap Granite ودارتمور Dartmoor. ولقد كان أصل الجرانيت ونشأته مثارا للجدل فى الآراء بين الجيولوجيين، فكثير من صخور الجرانيت قد تكون نتيجة لبرودة الصهارة وتصلبها عند أعماق كبيرة ولهذا تسمى الصخور النارية البلوتونية (الجوفية) plutonic igneous rocks. وهذه قد تكونت نتيجة الذوبان الانتقائى لطبقة السيل Sial. وتجدر الإشارة إلى أن صخور الجرانيت توجد بالتحديد فى المناطق القارية. وتصابح صخور الجرانيت غالبا الصخور المتحولة، ومن المعلوم أن أى صخر يمكن أن يتحول إلى صخر الجرانيت إذا أتيح له الوقت الكافى؛ وهذه عملية تسمى الجرننة granitization ويعتقد أنه بتأثير الحرارة والضغط، تصبح صخور القشرة منصهرة، وهكذا تكون الجرانيت المتحول. وهناك جدل كثير ثار حول الجرانيت، وهل هو نارى الأصل أو متحول وقد اتفق العلماء على أن النوعين موجودان.

• الجابرو Gabbro

الجابرو صخر نارى كثيف الوزن النوعى، أدكن اللون، يتكون من حبيبات غليظة من فلسبار البلاجيوكليز والأوجيت، ولا يوجد معدن الكوارتز فى صخر

الجابرو إلا فى ضرب واحد منه وهو جابرو الكوارتز quartz gabbro. وفى صخر الجابرو تكون بلورات المعادن دكنا عادة فتتخذ اللون الرمادى والأخضر الأدكن أو الأسود.

•البيريدوتيت Peridotite

تسود فى هذا الصخر المعادن الدكنا، ويسمى أيضا بيروكسينيت pyroxinite. والكمبرليت kimberlite صخر بيريدوتيتى يتكون من البيروكسين والاوليفين. وهذا الصخر مشهور بالأعداد الكبيرة من بلورات الألماس التى استخلصت منه فى منطقة كمبرلى Kimberley فى جنوب أفريقيا.

•السيانيت Syenite:

يشبه السيانيت صخر الجرانيت، لكنه أقل شيوعا فى وجوده ويحتوى على نسبة قليلة من معدن الكوارتز، أو لا يحتوى عليه بالمره. وإذا وجد الكوارتز فى السيانيت، يسمى سيانيت الكوارتز quartz - syenite. ويتكون الصخر أساسا من الفلسبار البوتاسى مع بعض الميكا أو الهورنبلند. وتتميز صخور السيانيت بأن معادنها ذات بلورات صغيرة، وبأن لها أنسجة مستوية.

•الديوريت Diorite

يوجد صخر الديوريت غالبا فى الجدد المتشعبة من صخور الجرانيت. ويتميز الديوريت بغلظ حبيباته، ويشبه الجرانيت فى كثير من صفاته ما عدا عدم احتوائه على معدن الكوارتز.

٢-الصخور النابطة أو البركانية Extrusive or Volcanic Rocks

تتكون الصخور النابطة من الصهارة التى تجمد طريقها إلى خارج سطح الأرض حيث تبرد وتتجمد. مثل هذه الصخور قد تتدفق من فوهات البراكين، أو من الشقوق العظيمة فى القشرة الأرضية.

وبالإضافة إلى اللابة السائلة، فإن جسيمات صلبة مثل الرماد البركانى أو القنابل البركانية، قد تقذف خارج البركان أثناء ثورانه، وعندما تصل الصهارة إلى

سطح الأرض فإنها تفقد ما بها من غازات وتبدأ في التبرد السريع نسبياً ، وهذا يمنع النمو البطيء للبلورات مما يؤدي إلى تكون النسيج الدقيق التبلور الذي لا يمكن رؤية بلوراته بالعين المجردة أو بدون أداة مكبرة . وفي بعض الحالات ، قد تبرد الماجما بسرعة ، لدرجة أنها لا تسمح بتكون بلورات ، وبالتالي يتكون الزجاج البركاني ، وبعض أنواع الصخور النابطة الأكثر شيوعاً هي الفلست والبازلت والحجر الخفاف (النشف) والأبسديان .

• الفلست Felsite

يطلق اسم فلست على الصخور النارية ذات النسيج الدقيق جداً . ويشمل صخور الريوليت الزجاجي glassy rhyolites التي تندرج إلى حجر البنشتون pitchstone والأبسديان . وتشبه صخور التراكيت trachytes والانديزيت andesites في تركيبها صخور السيانيت syenites والديوريت diorites على الترتيب . ونجد الإشارة إلى أن كلمة دقيق (fine) تختص بوصف البلورات بذاتها والتي تكون ناصلة اللون ولا يمكن رؤيتها بطرق التكبير الزجاجية العادية . ويتردد لون الفلست من الأبيض إلى الرمادي الناصل أو الرمادي المعتاد ، وقد يتخذ لونا يميل إلى اللون الوردي أو اللون الأحمر أو اللون الأخضر أو القرمزي أو الأصفر .

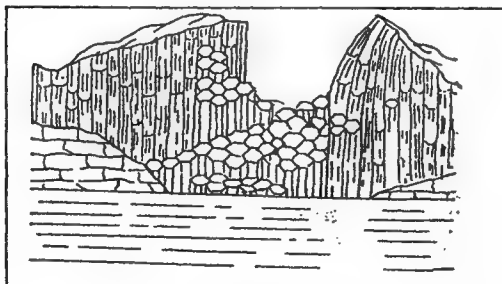
ويحتوى الفلست عادة على الكوارتز والأرثوكليز والبيوتيت . وهي نفس المعادن التي توجد في صخور الجرانيت وهو صخر ناري بلوتوني (جوفي) ، لكن صخر الجرانيت يكون نسيجه أكثر غلظاً بينما الفلست دقيق التبلور تماماً . وهنا يمكن القول إن الصهارة نفسها التي تحتوى على الكوارتز والأرثوكليز والبيوتيت ، تبرد عند مسافات مختلفة من سطح الأرض وتنشأ منها صخور لها نفس التركيب الكيميائي ، لكن يكون لها مظهر فيزيقي مختلف .

• البازلت Basalt

هذا هو أحد أكثر الصخور النارية النابطة شيوعاً في العالم . وصخر البازلت لونه رمادي أداكن أو أخضر أداكن أو بني أو أسود ووزنه النوعي ثقيل عادة . وتتميز صخور البازلت بأن لها نسيجاً دقيق التبلور . ويتكون البازلت أساساً من

البيروكسين والبلاجيوكليز وفي بعض الأحيان يحتوى على الأوليفين أيضا. وتتميز بعض أنواع البازلت بوجود عدد كبير من الفجوات والفتحات التي تدل على أن فقاعات غازية كانت موجودة من قبل، ويسمى هذا الصخر سكوريا Scoria ، وهو شائع في الانسيابات اللاية المتصلة. ومع مرور الزمن قد تملأ هذه الفجوات والفتحات ببعض المعادن مثل الكوارتز أو الكالسيت وتتخذ مثل هذه المعادن التي تملأ هذه الفجوات شكل اللوز، ولذلك تسمى «ملوزات» ويسمى البازلت الذي يحتوى على عدد كبير من هذه الأشكال اللوزية الشكل باسم البازلت «الملّوز»، كذلك قد تنتج معادن ذات بلورات دقيقة. ويمكن مشاهدة صخور البازلت في أماكن كثيرة من بريطانيا مثل Midland Valley في اسكتلندا وهي صخور يرجع عمرها إلى الدور الكربوني. وتوجد في الهند وفي الجزء الشمالى الغربى للولايات المتحدة الأميركية انسيابات بازلتية عظيمة تغطى مساحة ٢٠٠ ألف ميل مربع (٥١٢ ألف كم^٢) وتمتد إلى عمق آلاف الأقدام.

ويتميز البازلت بالبنية العمودية المنفصلة (شكل ٢١) وتنشأ هذه الظاهرة نتيجة لتبرد الصخر وتقلصه وانكماشه ثم انفصاله إلى أعمدة رأسية. وهذه الظاهرة يمكن مشاهدتها بوضوح فى جيانتس كوزواى Giants Causeway وفى كونتى أنتريم County Antrim، بشمال أيرلندا وبكهف فنجالز Fingals Cave عند جزيرة ستافا Staffa وفى جزر هبريدس Hebrides.



شكل (٢١)

التمفصل العمودى فى البازلت

وتستخدم صخور البازلت فى رصف الطرق وبعض أغراض الإنشاءات الأخرى، نظرا لصلادتها العالية. وبالإضافة إلى ذلك، فقد اكتشفت كميات كبيرة من خامات النحاس فى رواسب البازلت الملوّنة amygdaloidal.

• النشف (حجر الخفاف) Pumice

يتكون الحجر الخفاف (السيوميس) عندما تتصلب اللابة وتخرج منها الأبخرة والغازات على هيئة فقاعات فى نفس وقت تصلبها. ويتكون الحجر الخفاف من التبرّد السريع وتجمّد المواد البركانية. ويتميز بوجود عدد كبير من الفراغات الصغيرة التى تعطى للصخر مظهرا مشابها للإسفنجة. وللهجر الخفاف (شكل ٢٢) وزن نوعى خفيف، وتحتبس فيه فراغات تمتلئ بالهواء، مما يجعله يطفو فوق الماء. وتقذف فى البحار كتل من الحجر الخفاف أثناء ثوران البراكين الجزيرية وتطفو هذه الكتل لمسافات بعيدة عن مصدر انطلاقها.



شكل (٢٢)
الحجر الخفاف
نوع من الصخور النارية
السطحية

ويتميز الحجر الخفاف بلونه الناصل. ومع أنه يميز بسهولة من مجرد مظهره، إلا أن له نفس التركيب الكيميائى مثل الجرانيت والأبسيدان. ويوجد الحجر الخفاف حيثما كان النشاط البركانى موجودا فى أى مكان من العالم. ويستخدم حجرا للسحج وفى صناعة الصابون والمنظفات وكذلك فى بعض أنواع ممحاة المطاط rubber erasers.

• الأوبسيلين Obsidian

يعرف باسم الزجاج البركانى، وهو صخر نارى نابض زجاجى، يرد بسرعة كبيرة، بحيث لم تكن هناك فرصة لتكوين وغو أى بلورات معدنية. والأبسيدان صخر لامع زجاجى، لونه أسود أو بنى ضارب إلى الاحمرار. ويتميز الصخر بمكسر محارى ذى حافات حادة (شكل ٢٣) وقد استخدم هذا الصخر قديما فى



شكل (٢٣)
أبسيديان

عهد الإنسان الأول في صناعة رؤوس الأسهم والرماح والسكاكين وبعض الأدوات الأخرى. ويتكون الأوبسيديان نتيجة التبريد السريع لانسيابات اللابة على سطح الأرض. ويوجد في أماكن عديدة من العالم، أشهرها مونت هكلا Mount Hecla في جزيرة آيسلندا والمتنزه الوطني National Park في وايومنغ Wyoming (حيث كان يستخدمه الهنود لصناعة الرماح ورؤوس الأسهم).

٣- أنسجة الصخور النارية

Textures of Igneous Rocks

يعد النسيج texture صفة فيزيقية تميز الصخور النارية، ويتأثر النسيج بمعدل تبرد أو تبلور الصهارة. وكما يختص النسيج بوصف الشكل العام لأي صخر، فإنه يختص ويتحدد أكثر بدراسة شكل وحجم وترتيب معادن السليكات في الصخر الناري. ويوصف الصخر بأنه حبيبي إذا كانت حبات معادنه كبيرة إلى القدر الذي يمكن رؤيتها وتعرفها بالعين المجردة، ويوصف في هذه الحالة أيضا بأنه جراتيتي النسيج. وإذا كانت حبيبات المعادن في الصخر صغيرة جدا ولا يمكن



شكل (٢٤)
غرفير يوضح بلورات كبيرة فاتحة اللون في أرضية دكناء

رؤيتها بالعين المجردة، يوصف نسيج الصخر في هذه الحالة بأنه لا مرئي aphanitic أما الصخور ذات النسيج الزجاجي مثل صخر الأوبسيديان obsidian، فتبدو كأنها مكونة من زجاج. وهناك صخور نارية تبدو كأن لها نسيجين مختلطين ؛ هذا الضرب من الأنسجة يسمى النسيج الغرفيري porphyritic، ويتميز هذا

النسيج بوجود بلورات كبيرة نسبياً تسمى البلورات الكبيرة phenocrysts تحاط بأرضية (خلفية) من بلورات أصغر (شكل ٢٤). ويعتقد أن صخر البورفيريت porphyrite يمثل طورين مميزين من البرودة والتصلب. وتكون الصخور البلوتونية (الجوفية) التي تتبرد بمعدل بطيء جداً، بلورات يتردد طولها بين بوصات عديدة إلى أقدام عديدة. ويسمى هذا الصخر الغليظ التجب باسم البجماتيت pegmatite وهذا النسيج يميز ضرباً معينة من صخور الجرانيت.

٤- التركيب الكيميائي للصخور النارية

Chemical Composition of Igneous Rocks

يعتمد نوع الصخر الناري الذي يتكون من الصهارة أو اللابة على التركيب الكيميائي لمواد الصهارة الصخرية الأصلية أساساً، وعلى ذلك تقسم الصخور النارية إلى:

أ- الصخور النارية الحمضية Acidic Igneous Rocks

تحتوي هذه الصخور النارية على نسبة عالية من السليكا وتعرف باسم الصخور الحمضية أو السيلية sialic؛ واشتق اسم سيلية من الرمز الكيميائي "Si" للسليكون و "Al" للألومنيوم. وتحتوي هذه الصخور على محتوى عال من السليكا وفلسبار الصوديوم - البوتاسيوم، وتحتوي على نسبة قليلة نسبياً من الحديد والمغنسيوم والكالسيوم. والصخور النارية الحمضية ناصلة اللون ووزنها النوعي خفيف، وهي أكثر الصخور النارية شيوعاً ومن أمثلتها صخور الجرانيت والريوليت والحجر الخفاف «النشف».

ب- الصخور النارية القاعدية Basic Igneous Rocks

هي الصخور التي تحتوي على نسبة منخفضة من السليكا low-silica content، وهذه صخور كثناء اللون ولها وزن نوعي ثقيل نسبياً. وتعرف باسم الصخور القاعدية أو «السيماتية» (نسبة إلى السليكون والمغنسيوم)، ونظراً إلى محتواها القليل من السليكا ومحتواها العالي من المعادن (الحديد ومغنيسية) مثل

البيوتيت والأوليفين والبيروكسين والهورنبلند. وتوجد الصخور القاعدية أسفل الصخور الحامضية في القشرة الأرضية، ويعتقد أنها تكون معظم الجزر البركانية وأنها تكون جزءا كبيرا من أراضي المحيطات العميقة. ومن أمثلة هذا النوع من الصخور الجابرو والبازلت.

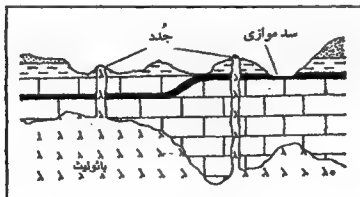
ويوجد تدرج متعدد بين الصخور الحمضية والصخور القاعدية وهناك عينات مختلفة يقع تركيبها وسطا أو انتقاليا بين التركيب الحامضي والتركيب القاعدي.

٥- أشكال أجسام الصخور النارية Forms of Igneous Rocks bodies

تتدخل الصخور النارية المتدخلة intrusive في الصخور التي تحاورها أو تحقن فيها، ويحدث هذا التدخل أو الحقن عند أعماق بعيدة عادة. وبالتالي فإن أجسام الصخور النارية المتدخلة يمكن رؤيتها بعد زوال الصخور التي تعلوها بواسطة عملية التحات وفيما يلي وصف لبعض الأنواع الشائعة من الصخور النارية الجوفية:

• الجدد القاطعة Dykes

الجدد القاطعة هي كتل من الصخور النارية، نضدية الشكل أو في شكل الجدار تقطع مستويات التطبق في الصخور الرسوبية عندما تخترقها (شكل ٢٥). وتتكون الجدد القاطعة عادة عندما تحقن الصهارة في الشقوق والفواصل الموجودة في الصخور. ويتردد حجمها بين أقدام قليلة وأميال كثيرة في امتداداتها.



شكل (٢٥)

المتدخلات النارية

وشيع وجود الجدد القاطعة فى المناطق البركانية وتصاحب فى العادة الفوهات البركانية. ومن الأمثلة المهمة للجدد القاطعة فى بريطانيا وربما تكون أشهرها هى تلك الموجودة فى كليفلاند Cleveland فى يوركشير وتكون من صخر الدوليريت ويزيد سمكها على ٣٠ قدما. وفى بعض الأماكن الأخرى، مثل جزيرة آران عند الشاطئ الغربى لاسكتلندا، توجد الجدد القاطعة فى حشود، وفى أماكن أخرى مثل منطقة مل Mull (شاطئ أسكتلندا الغربى)، تظهر الجدد على هيئة حلقات حول كتل نارية كبيرة.

• الجدد الموازية Sills

هذه أجسام من الصخور النارية ذات أشكال نضدية وتنتشر أفقيا على هيئة ألواح بين طبقات الصخور أو رقايقها. وتختلف عن الجدد القاطعة فى الصخور النارية توازى مستويات التطبيق فى الصخور، ومن أكثر أمثلة الجدد الموازية شهرة، الجدد الموازية فى منطقة وين سيل Whin Sill والتي تمتد فى شمال إنجلترا وجنوب أسكتلندا، والتي استخدمها هادريان كأساس لجزء من جداره. وهناك أمثلة أخرى للجدد الموازية فى جزيرة آران تصاحب الجدد القاطعة هناك، ويبلغ سمك أكبر جدة موازية ألف قدم، وهى التى توجد فى جرف باليساد Palisade المطل على نيويورك.

• اللاكوليثات Laccoliths

هى أجسام عدسية الشكل أو تشبه فطر عرش الغراب وهى تدخلات نارية لها أسطح سفلية مستوية نسبيا وأسطح علوية منحنية إلى أعلى أو قبابية. وتدخل اللاكوليث بين مستويات التطبيق وتختلف عن الجدد الموازية فى أنها أكثر سمكا عند المركز وتصبح أرق قرب أطرافها - ومثل هذا التدخل يعطى شكلا يشبه التل القبابى. ومن الأمثلة التى توضح شكل اللاكوليث ما يوجد فى منطقة كورندون فى شروبشاير Shropshire.

• الباثوليثات Batholiths

هذه هى أكبر الأجسام النارية المتدخلة، وهى أجسام غير منتظمة الشكل وتغطى آلاف من الأميال المربعة. وتمتد أجسام الباثوليث خلال الأرض

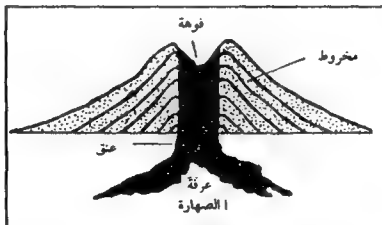
لمسافات كبيرة، ويزداد امتدادها بزيادة العمق. ومن الأماكن المهمة التي انكشفت فيها أجسام الباثوليث على سطح الأرض مناطق دارتمور Dartmoor: وكارنجورمز Carngorms، وأسكتلندا Scotland، وجبال مورن Mourne Mountains.

• الجنوع Stocks

هذه الأجسام النارية تشبه الباثوليث، لكنها تغطي مساحات أقل من ٤٠ ميلا مربعا. ويعتقد أن الأجسام النارية التي في بودمين مور Bodmin Moor، وكذلك التي في لاندز إند Lands End وجزر سيلى Scilly Isles هي جنوع من نفس كتل الباثوليث العظيمة التي أدت إلى تكوين الباثوليث في منطقة دارتمور Dartmoor.

• عنق البركان Volcanic Neck

يتكون عنق البركان حينما تتعرض القنوات الممتلئة باللابة لبركان منقرض للتحكات. وعادة ما يكون عنق البركان له قطر أقل من الميل، ويكون العنق أشد مقاومة لعمليات التحكات بالنسبة لما يجاوره من صخور، ولهذا يبدو صامدا وثابتا مثل العمود أو البرج؛ (شكل ٢٦) ومثال ذلك الأعناق البركانية التي نشاهد في أسكتلندا كما في Castle Rock في أدنبره وكذلك في شرق لوثيان East Lothian.



شكل (٢٦)

مخروط بركاني وفوهته

• تكوين الصخور النابطة Extrusive Formations

أهم الملامح التى تتكون من الصخور النارية النابطة هى فيض اللابة، وعادة تكون لوحية الشكل. وهناك أنماط معينة من فيض اللابة مثل تلك الموجودة فى الهضبة اللابية الكولية Columbian Lava Plateau بين شمال جبال روكي وسلسلة الكاسكاد فى شمال غرب الولايات المتحدة الأمريكية والتى تغطى مئات الأميال المربعة، وتمتد إلى عمق ميل تقريبا.

وتنتشر فيوض اللابة فى أماكن أخرى من العالم كما فى بومباي (الهند)، وجزر هاواي، وبريطانيا.

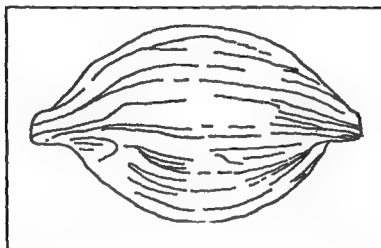
وقد يبدو غريبا أن الأعناق البركانية وفيوض اللابة وبعض الشواهد البركانية الأخرى توجد فى بريطانيا التى لا تقع فى حلقة النار (منطقة البراكين) (انظر شكل ٢٧) لكن هذه المناطق تمثل فقط الموقف الحالى فى أيامنا هذه. لكنه فى الماضى، كانت بريطانيا قد تعرضت للنشاط البركانى. وجدير بالذكر أن هذه السمات البركانية التى ذكرت سالفا كانت قد تكونت منذ أكثر من ٣٠٠ مليون سنة مضت فيما نعرفه باسم الدور الكربونى. كذلك يجب أن ننوه إلى أن آخر وقت تعرضت فيه بريطانيا للنشاط البركانى كان منذ ٥٠ مليون سنة تقريبا أثناء الدور الثالث Tertiary Period، حينما نبطت اللابة البازلتية فى شمال أيرلندا والجزر الاسكتلندية (وسوف نتناول التغيرات التى طرأت على الأرض عند دراستنا للتاريخ الجيولوجى فى الفصل الثامن عشر).



شكل (٢٧)

المناطق البركانية حول العالم

بعض الانسيابات اللاية تصاحب البراكين، وبعضها الآخر ينتج من الانسيابات البركانية في الشقوق ومعظم هذه الانسيابات تظهر التمهصل العمداني بشكل نموذجي. بينما يتكون البعض الآخر من صخور السكوريا scoria الكتلية الخشنة. وبالإضافة إلى الفيضانات اللاية، تشمل الصخور النارية النابطة على الرماد البركاني والمقذوفات البركانية، وهي أجسام كروية أو بشكل الكمثرى وتسمى القنابل البركانية (شكل ٢٨)، وتكون حينما تقذف كتل لاية كبيرة من البركان وتدفع إلى أعلى بشدة وتتصلب في الهواء.



شكل (٢٨)
قنبلة بركانية

٦-البراكين Volcanoes

البراكين هي فتحات في القشرة الأرضية تخرج منها وتدفع صخور منصهرة ومواد بركانية أخرى. وتعد البراكين وكذلك الظواهر المرتبطة بها مثل الحرات (العيون الحارة) والداخانات، من أكثر الظواهر التي يهتم بها الجيولوجيون ولقد ذكر الكثير عن النشاط البركاني في الكتابات الأولى عن التاريخ. والبركان النموذج هو جبل مخروطي الشكل له فوهة قسعية الشكل عند قمته وتتصل الفوهة البركانية بحجرة الصهارة الموجودة تحت الأرض عن طريق عنق أو أنبوبة. وخلال فترة ثوران البركان، تصاعد منه أبخرة وغبار ورماد وأحجار وصخور منصهرة (لاية).

وتقع غرفة الصهارة عند عمق كبير من سطح الأرض، وهى مستودع يحتوى على صخور منصهرة ملتصبة إما أن تتدخل فى صخور القشرة الأرضية، وإما أن تخرج إلى سطح الأرض.

• توزيع البراكين Distribution of Volcanoes

تظهر البراكين وكأنها تتركز فى أحزمة جغرافية محددة من القشرة الأرضية أو فى نطاقات معينة منها وتوجد هذه المناطق البركانية بكثرة فى مناطق عدم الاستقرار فى القشرة الأرضية أو حول مناطق النشاط الحديث لبناء الجبال وهذان النطاقان الأساسيان تكثر فيهما الصدوع والكسور العظيمة فى القشرة الأرضية وأكثرهما أهمية هو النطاق الباسيفيكي Pacific Zone ويقع على طول حدود المحيط الهادى، ويشمل هذا النطاق براكين شمال ووسط أمريكا، وألاسكا، وجزر ألتيان Aleutian، واليابان، والفلبين، وشرق الأنديز. أما نطاق البحر المتوسط، فيمتد فى اتجاه شرق - غرب ويشمل البراكين الموجودة فى حوض البحر المتوسط، وجزر الهند الغربية، وهاواى والأزور.

وبالإضافة إلى هذين النطاقين فهناك بعض البراكين فى مناطق المحيط الأطلنطى والمحيط الهادى، والمحيط الهندى، وأيسلندا وكذلك فى القارة القطبية الجنوبية.

• نشاط البراكين Activity of Volcanoes

بعض البراكين لايزال نشيطا، بينما البعض الآخر لم يثر خلال الأزمنة التاريخية Historic Times. وللتدليل على النشاط البركانى، قسمت البراكين إلى ثلاثة أنواع: نشيطة، وهاجعة وهامدة. والبراكين النشيطة هى التى تتور بصفة مستمرة أو تتور على فترات. ويسمى البركان غير النشط الآن، لكنه كان يثور فى الألف سنة الماضية أو ما قارب ذلك، يسمى، بركانا هاجعا dormant. وهناك أمثلة كثيرة من هذا النوع مثل بركان فيزوف Vesuvius والذى ثار ثورانا عنيفا بعد قرون عديدة من عدم الثوران والخمول.

وبركان فيزوف الذى يقع بالقرب من مدينة نابولى فى جنوب إيطاليا، ترجع شهرته الكبيرة عندما ثار ثورانا رهيبا عام ٧٩ الميلادى ودفن مدينتين رومانيتين

هما: بومبى Pompeii وهيركيولانيوم Herculaneum كذلك كان له ثوران عظيم آخر فى عام ١٩٠٦ أنقص ارتفاع جبل البركان مئات عديدة من الأقدام.

أما البركان الهامد فهو الذى لم يستدل على ثورانه خلال الأزمنة التاريخية، أى فى خلال الأربعة آلاف سنة أو الخمسة آلاف سنة الأخيرة. لكن الطبيعة تميل إلى تجاهل التقسيمات التى يضعها الإنسان للبراكين المنقرضة. إذ إنها قد تطور نفسها، فهناك براكين هامة انبعث فيها النشاط وعدلت من طبيعتها دون أى إنذار فانضمت بذلك إلى نوعية البراكين النشيطة، ومثال ذلك بركان قمة لاسن Lassen Peak فى شمال كاليفورنيا، الذى ثار عام ١٩١٤ بعد مائتى (٢٠٠) عام من الهمود. وخلال فترة ثورانه خرجت من فوهة البركان أبخرة ورماد وارتفع عمود من البخار إلى نحو عشرة آلاف قدم فوق قمة الجبل. وهذا النشاط الذى كان غير متوقع، يعتقد أنه كان نتيجة لزلزال الأسكا العظيم وزلزال كاليفورنيا اللذين ضربا المنطقة عام ١٩١٤. وقمة البركان التى تعرف أيضا باسم جبل لاسن Mount Lassen، تحاط بانسيابات لابة. وفى هذه المنطقة يمكن مشاهدة أمثلة رائعة للصخور البركانية والعيون الحارة وأوعية الطين والأنشطة الأخرى التى تسببها عمليات البركنة volcanism. وتعرف أوعية الطين، mud pots بأنها نوع من العيون الحارة تتكون من حفر ضحلة تمتلئ بالطين الحار الذى يكون عادة فى حالة غليان وبه كمية قليلة جدا من الماء. ويذكر علماء البراكين أن البراكين التى تتحات (تحدث لها عملية تحات erosion) حتى يصل ارتفاعها إلى مستوى غرفة الصهارة تصنف تحت اسم البراكين المنقرضة حقيقة.

٧-النواع البركانية Volcanic Products

عندما تتور البراكين، فإنها تقذف تشكيلة كبيرة من المواد تتردد بين الغازات إلى الكسر الصخرية الكبيرة.

الغازات Gases

تتكون الغازات التى تتصاعد من البراكين من بخار الماء بدرجة كبيرة، مع كميات متفاوتة من غاز ثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والكلور. وخلال عمليات الثوران البركانى قد تختلط الغازات الهاربة بكميات كبيرة من الغبار

البركاني وترتفع من الفوهة البركانية على هيئة سحب عظيمة دكناء يمكن مشاهدتها من مسافة أميال كثيرة.

• السوائل Liquids

السوائل التي تتجهجها البراكين هي اللابات، وهي كميات عظيمة من صخور منصهرة إلى درجة البياض. وتخرج اللابة من الفوهة البركانية، لكنها قد تخرج من جوانب المخروط البركاني لتهرب عن طريق الكسور والشقوق التي تتكون على طول مناطق ضعف الصخور. وليست كل اللابات متشابهة في صفاتها الفيزيكية أو في تركيبها الكيميائي. وقد تستتج هذه الصفات من خلال الطريقة التي تخرج بها المواد البركانية. ويؤثر التركيب الكيميائي للابة على لزوجتها والتي سوف تؤثر بالتالي على معدل انسيابها والمسافة التي تقطعها لتساب خلالها.

كذلك فإن التركيب الكيميائي للابة يؤثر إلى حد كبير على شكل المخروط البركاني ويكون له تأثير أيضا على البنية السطحية للصخور المتكونة حينما تتصلب الصخور المنصهرة. ونظرا لتباين خصائص اللابات، فقد قسمها علماء الجيولوجيا إلى: لابة حمضية ولابة قاعدية، ولابة متوسطة.

وتتميز اللابة الحمضية بمحتواها العالي من السليكا (٦٥ - ٧٥ ٪) وعادة ما تكون لزجة جدا ومتفجرة غالبا.

أما اللابة القاعدية فيكون محتواها من السليكا قليلا (أقل من ٥٠ ٪) وهي أقل لزوجة وليست متفجرة كما هو الحال في اللابة الحمضية حيث إن الغازات الذائبة تهرب بسهولة من اللابة الأكثر سيولة.

أما اللابة المتوسطة فهي التي تقع بين اللابة الحمضية واللابة القاعدية. وفي الظروف النموذجية، تحتوى اللابة المتوسطة على نسبة من السليكا تتردد بين ٥٠ ٪ و ٦٠ ٪. وينعكس تركيب اللابة والطريقة التي تسرد بها وتتصلب على البنيات السطحية للصخر. فحينما تنساب اللابة على سطح الأرض، فإنها تبرد ويحدث نقصان في الضغط، مما يسمح بهروب الغازات التي كانت محبوسة فيها. وهذه الغازات الهاربة تنتج فقاعات فترك فراغات عندما تتصلب اللابة. وتسمى اللابة المتصلبة من الرماد والتي تحتوى عددا كبيرا من الفجوات باسم سكوريا scoria

ويسمى سطح اللابة المغطى بكتل زاوية من السكوريا aa (Ah - ah). واللابة المتصلبة التى لها سطح ناعم مثل الحبل تسمى Pahoe-hoe (باهوهى)، وتنطق هكذا: (pah-HOE-ay-HOE-ay) هذه المصطلحات الغريبة على السمع، نشأ استعمالها فى جزر هاواى. حيث توجد هناك هذه الأشكال من اللابة وتوجد فى أجزاء مختلفة من بريطانيا «اللابة الوسائدية» (pillow lavas) التى تكونت من الواح اللابة التى طفحت من البراكين التى تثور من تحت الماء.

وحينما يتقابل الماء البارد مع اللابة الساخنة الدوارة، فإن سطحها يتصلب وبالتالي فإن معدل الانسياب يتوقف عن الازدياد وعليه، فإن اللابة تدخل فى الشقوق وتتصلب متخذة شكل الوسائد لتكون أكواما منها. وهذه الأشكال توجد فى شمال ويلز ويرجع عمرها إلى (الأردوفيشى)، وحتى اليوم لا تزال أمثلة مشابهة تتكون من البراكين التى تثور من تحت الماء.

• المواد الصلبة Solids

يختلف حجم المواد الصلبة التى تقذفها البراكين، فقد تكون دقيقة مثل الغبار أو قد تكون كتلا ضخمة من الصخور تزن أطنانا عديدة. وتسمى هذه المقذوفات الصلبة باسم الفتاتيات البركانية pyroclastics وتشتمل على المقذوفات (القنابل البركانية)؛ وهى أجسام مكورة تتكون بالتبريد السريع للابة المنصهرة حينما تدفع فى الهواء لتتصلب (انظر شكل ٢٨) أما الكسر الكبيرة الزاوية الشكل التى تقذفها البراكين فتسمى الكتل البركانية volcanic blocks وأما الكتل الصغيرة (فى حجم الحصوات) فتسمى لوبيات lapelli. وقد تنتج كميات كبيرة من الحجر والرماد البركاني نتيجة لتصلب الجسيمات الصغيرة من اللابة بعد أن تقذف فى الهواء.

٨- الثوران البركاني Volcanic Eruption

ينقسم الثوران البركاني إلى ثوران مركزى central eruption وثوران شقوق fissure eruption :

أ- الثوران المركزى Central Eruption

فى الثوران المركزى تندلع المواد البركانية خلال طريق واحد هو قنطرة البركان التى تفتح فى فوهته عند قمة الجبل البركاني. وعادة تبنى المواد البركانية التى

دفعت فى هذه الحالة، مخروطا يتكون من اللابة، ورماد متصلب أو طبقات متبادلة من كليهما.

وقد يكون الثوران فى هذا النوع متفجرا أو هادئا، وهذا يعتمد على الخصائص الكيميائية والفيزيكية للابة، فإذا كانت اللابة المقدوفة حمضية التركيب، فإنها تميل إلى أن تكون أكثر تفجرا، بينما تنساب اللابة القاعدية عادة بهدوء أكثر نسبيا.

ب- ثوران الشقوق Fissure Eruption

يحدث هذا النوع من الثوران البركانى عندما تخرج كميات كبيرة من اللابة خلال شق أو مجموعة من الشقوق فى القشرة الأرضية. وهذا النوع من الثوران البركانى قد يغطى مساحات شاسعة، ويعتقد أنه المسئول عن تكون سهول اللابة الكبيرة وهضاب البازلت فى العالم. ومن الجدير بالذكر أن معظم السهول اللابية تكونت فى أزمنة ما قبل التاريخ، وأن النشاط البركانى ما عاد موجودا بالقرب من الانسيابات اللابية. ومن الجدير بالذكر أن ثوران الشقوق الوحيد الذى حدث فى العصور الحديثة وقع فى عام ١٧٨٣ حينما تدفق انسياب لابة على طول شق عظيم بالقرب من جبل سكابتا Mount Skapta، ويعرف باسم شق لاكى Laki Fissure، وغطى مساحة قدرها ٢١٨ ميلا مربعا (٥٧٠ كيلو مترا مربعا).

ومع ذلك فهناك أدلة كثيرة تؤيد أن هناك ثورات شقوقية حدثت فى أوقات كثيرة خلال الماضى الجيولوجى. ويتج عن خروج اللابة من الشقوق حجوم هائلة من اللابة تشاهد فى صورة ألواح أكثر اتساعا من تلك التى تخرج من المخروط المركزى وتغطى مساحات شاسعة. ومن أمثلة نواتج الثوران اللابى من الشقوق الانسيابات اللابية التابعة للدور الثالث Tertiary فى بريطانيا وأيسلندا وكذلك الانسياب البازلتى الهندى العظيم.

٩- أنماط البراكين Types of Volcanoes

أحد أشهر التقسيمات التى وضعت لتصنيف البراكين يميز منها أربعة أقسام أساسية هى: بليئة Pelean، وفلكانية Vulkanuan، وسترمبولية Strombolian، وهاواية Hawaiian.

• البراكين البلية Pelean Volcanoes

هذا النوع من البراكين هو المتفجر Explosive ، ويثور بانفجار عنيف وتخرج منه كميات كبيرة من الغاز والرماد البركاني والغبار والكسر الصخرية الكبيرة. ويعتقد أن هذا النوع من الثوران يحدث في البراكين التي تكون أعناقها قد سُدَّتْ بالصهارة المتصلبة. وتنشأ عن الغازات المتراكمة في غرف الصهير ضغوط عظيمة تكفي لقذف هذه السدادة المكونة من الصهارة المتصلبة، وانفجار أجزاء كبيرة من الجبل. ويصاحب هذا النوع من الثوران البركاني سحب مدمرة من الغازات البركانية والرماد، وهو من أشد أنواع البراكين المدمرة التي تسبب كوارث للإنسان. مثال ذلك، البركان الذي ثار عام ١٩٠٢ عند جبل بلية Mount Pelee في جزر المارتينيك في غرب الإنديز - وبعض ثورات أخرى حدثت في عام ١٧٦٢ وعام ١٨٥١ لم يظهر البركان أية علامات لنشاطه وظن العلماء أنه أصبح هاجما Dormant ، لكنه عاد وثار عام ١٩٠٢ بهذه الدرجة العنيفة، لدرجة أن قمة الجبل طارت في الهواء. وتبع هذا الثوران ظهور سحابة ضخمة سوداء من الغازات الساخنة والغبار الذي تساقط على مدينة سانت بيير St. Pierre وأدى إلى هلاك ثلاثين ألف نسمة تقريبا.

• البراكين الفلكانية Vulcanian Volcanoes

يتميز البركان الفلكاني بلابة لزجة جدا تتصلب بسرعة بعد خروجها وعند ملامستها للهواء. ويتصلب سطح اللابة في فوهة البركان بين فترات توقف الثوران، والثوران الذي يحدث بعد ذلك يتكرر معه نفس العملية. وهذا النوع من الثوران البركاني تنتج عنه كميات كبيرة من الرماد البركاني واللابة وسحب كثيفة كبيرة من الغبار والغازات.

ويشتهر بركان فيزوف Vesuvius في إيطاليا بعدد كبير من الثورات التي تتبعها فترات من الهدوء، وهو خير مثال على البراكين الفلكانية.

• البراكين الاستروبولية Strombolian Volcanoes

هذا النوع من البراكين يكون دائم النشاط مع وجود الغازات المتصاعدة بصفة دائمة، على العكس من البراكين النموذجية التي تتور على فترات متباعدة مع

فترات هدوء. وجزيرة سترومبولي وهي إحدى جزر مجموعة ليباري Lipari Group في البحر المتوسط، بعيدا عن الشاطئ الشمالي لجزيرة صقلية تعد المثال الكلاسيكي لهذا النموذج من البراكين. وهذا النوع من البراكين نشيط باستمرار وتندلع منه المواد عند ثورانه بفواصل زمني يتردد بين دقائق معدودة وساعة تقريبا بين كل ثوران وآخر. ويصاحب الثوران البركاني في هذا النوع، تصاعد لابة لزجة وكميات كبيرة من الفتاتيات البركانية. وتصنف أنواع البراكين الاسترومبولية والفلكانية على أنها من البراكين المتوسطة Intermediate Volcanoes.

• البراكين الهاوائية Hawaiian Volcanoes

براكين هاواي أو البراكين الهادئة، تتميز بلابة أقل لزوجة تسمح بهروب الغازات في حدود درجة ضعيفة جدا من الشدة الانفجارية، وتخرج اللابة أساسا من فوهة البركان إلى جانب خروج بعضها من خلال شقوق على جوانب الجبل. ويصاحب خروج اللابة انفجارات ضعيفة نتيجة للغازات المتباعدة، والتي قد تخفف اللابة إلى رغوة لابية تتصلب فيما بعد إلى سكوريا Scoria. وربما يكون بركان ماونالوا Maunaloa في جزر هاواي هو أحسن مثال لهذا النوع من البراكين، ويرتفع جبله البركاني إلى ١٣٦٨٠ قدما فوق منسوب سطح البحر، وفوهته البيضاء الشكل يبلغ محيطها خمسة أميال، وحوائط هذه الفوهة العظيمة رأسية تقريبا ويعتقد أن عمقها ١٠٠٠ قدم.

١٠- أشكال سطح الأرض الناتجة عن النشاط البركاني

Land Forms Produced by Volcanic Activity

تنتج عن النشاط البركاني وخروج اللابة أربعة أنواع من أشكال سطح الأرض هي: بازلت الهضاب (سهول اللابة)، والجبال البركانية، والفوهات البركانية، والكالديرا.

• بازلت الهضاب أو سهول اللابة Lava Plains

تتكون هذه الأشكال حينما تتسرب فيضانات من اللابة عبر الشقوق وتنساب مشكلة طبقات لوحية الشكل فوق سطح الأرض. وأكبر ثلاثة من بازلت الهضاب

هى هضبة نهر كولومبيا Columbia River Plateau وتغطى حوالى ٢٠٠ ألف ميل مربع (٥٢٠ ألف كيلو متر مربع) طولا ويبلغ سمكها حوالى الميل ، وهضبة الدكان فى الهند، هضبة بارانا Parana فى أمريكا الجنوبية.

• الجبال البركانية Volcanic Mountains

تتكون هذه الجبال من مواد بركانية من نوع الثوران المركزى وتقسم إلى :
مخاريط انفجارية Explosive Cones (أو مخاريط جمرية)، ومخاريط مركبة composite cones (أو طبقية بركانية strato - volcanic)، وقباب لاية Lava domes (أو البراكين الدرعية shield volcanoes).

• المخاريط الانفجارية Explosive Cones

هذه المخاريط تتكون فقط بالثوران الانفجارى، وتتربك من طبقات متتابعة مطوية بشدة من الفتاتيات البركانية تنوضع حول مركز الفوهة البركانية، والمخروط البركانى فى هذا النوع نادرا ما يتعدى ١٠٠٠ قدم فى الارتفاع ويتج غالبا عن انفجار بركانى واحد.

• المخاريط المركبة Composite Cones

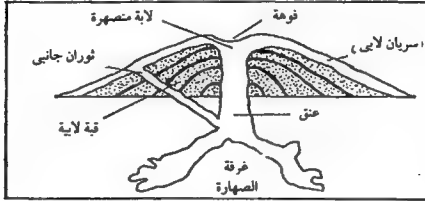
هذه براكين شديدة الانحدار وتتكون من ألواح متبادلة من اللابة والمواد البركانية الفتاتية، وتأخذ شكل الجبل المخروطى ذى الجوانب المقعرة، وقد يبلغ ارتفاع الجبل المخروطى ١٢ ألف قدم.

ويعد وجود التسابع الطبقي من اللابة والبركانيات الفتاتية دليلا على وجود فترات سكون تفصل بين فترات ثوران للبركان. ومن أشهر أنواع البراكين المخروطية المركبة أو البراكين الطبقيّة strato - volcanoes بركان فيزوف فى إيطاليا، وكذلك بركان فوجى ياما Fujiyama فى اليابان، وبركان مونت رانير Mount Rainier فى واشنطن، وبركان كلمنجارو فى تنزانيا.

• قباب اللاية Lava Domes

قباب بركانية عريضة لها ميل بسيط، وتتميز بأن لها أسطح علوية دائرية ومحدبة (شكل ٢٩) ومن هنا كانت تسميتها بالبراكين الدرعية shield. وتتكون

هذا النوع من الجبال البركانية من عدد كبير من انسيابات اللابة البازلتية المتراكمة والتي نشأت عن قسبة بركانية مركزية أو من انسياب من جوانب الجبل البركانى خلال الشقوق. وتعد براكين جزر هاواى العظيمة خير أمثلة على هذا النوع.



شكل (٢٩)
قبة اللابا أو البركان الدرعى

• فوهة البركان Volcanic Crater :

هى منخفضات قمعية الشكل توجد عند قمم الجبال البركانية ويحدث ثوران البركان من خلالها. وتنتج معظم الفوهات البركانية نتيجة لانفجار بركانى نشيط. ولا يزيد قطرها فى الغالب عن ميل واحد ولا يزيد عمقها على مئات قليلة من الأقدام.

• الكالديرات Calderas :

هى منخفضات حوضية الشكل ودائرية تقريبا توجد فى قمم البراكين وتكون أكبر من الفوهات (craters)، ويوجد من الكالديرا نوعان: النوع الأول يتكون نتيجة للنشاط البركانى الانفجارى، أما النوع الثانى فيتكون نتيجة لانهيار والهبوط.

وتتكون الكالديرا الناتجة عن الانفجار بسبب انفجار بركانى عنيف يزيح معه كمية كبيرة من الصخور. أما الكالديرا التى تتج عن الانهيار والهبوط فتتسأ عندما تنهار الأجزاء العلوية للبركان بسبب الانسحاب المفاجئ للصهارة التى كانت

تدعمها وتسندها. وهناك بعض أنواع من الكالديرا يعتقد أنها تكونت نتيجة للانفجار والانهييار معا، مثال ذلك بحيرة الفوهة crater lake في أوريجون بالولايات المتحدة الأميركية، والتي تشغل كالديرا عظيمة ويعتقد أنها تكونت عن انهيار بركان مستقرض حاليا. وقد تمتلئ الكالديرا بالماء الذى قد يغطى مساحة ٢٠ ميلا مربعا تقريبا، وقد يصل عمقه إلى ٢٠٠٠ قدم. وجزيرة Wizard Is- land هى مخروط بركانى جمرى صغير يرتفع حوالى ٨٠٠ قدم فوق سطح البحيرة. وهذا المخروط تكون نتيجة للثوران البركانى الذى حطم قمة بركان مونت مازاما (Mount Mazama).

١١- مصادر الحرارة البركانية Sources of Volcanic Heat

بالرغم من أن السبب المحدد للبركة ما زال غير معروف بالتحديد، إلا أن محاولات عديدة بذلت لشرح ذلك الأمر. ومن أكثر الآراء قبولا لدى العلماء نظرية انطلاق الضغط pressure release theory، وكذلك نظرية الحرارة الاحتكاكية frictional heat وأيضا نظرية النشاط الإشعاعى radioactivity theory.

• نظرية انطلاق الضغط Pressure Release Theory

تفترض هذه النظرية أنه كلما ازداد العمق فى باطن الأرض، ازدادت درجة الحرارة، وبالتالي فإن الصخور الملقونة عند أعماق بعيدة عن سطح الأرض تكون فى حالة سائلة. ومع ذلك فإن هذه الصخور الموجودة فى الأعماق تكون واقعة تحت ضغوط هائلة، وعليه فسوف تكون موجودة فى حالة صلبة، ما عدا تلك الصخور الموجودة فى أماكن الكسور فى القشرة الأرضية، حيث يؤدي نقصان الضغط الواقع على هذه الصخور أن توجد فى الحالة السائلة.

• نظرية الحرارة الاحتكاكية أو نظرية التضاغط

Frictional Heat Or Compression Theory

تفترض هذه النظرية أن الحرارة تتولد من الاحتكاك الذى يحدث خلال تحرف القشرة الأرضية (انظر الفصل الخامس) وتقوم هذه النظرية على أساس قرب

المناطق ذات النشاط البركاني من الأقاليم التي يحدث فيها تحرف قشري حديث نسبيا .

• نظرية النشاط الإشعاعي The Radioactivity Theory

تفترض هذه النظرية أن التركيز المحلى للمواد المشعة يكون له القدرة على توليد حرارة كافية لصهر كميات كبيرة من الصخور اللازمة للنشاط البركاني .

١٢-الداخئات والعيون الساخنة والحمات

Fumaroles , Hot Springs and Geysers:

فى كثير من المناطق البركانية أو مناطق النشاط النارى توجد شواهد من الغازات البركانية والأبخرة أو المياه الساخنة الهاربة من الأرض . وفيما يلى شرح لبعض هذه الظواهر:

•الداخئات Fumaroles

هذه شقوق فى سطح الأرض أو فتحات فى شكل الأعناق تخرج من خلالها الأبخرة والغازات . وتتصاعد الأبخرة من داخئات معينة فى إيطاليا بكميات كافية لتدير مولدات توربينية كهربائية . وتتميز بعض الداخئات بخروج كميات كبيرة من الأبخرة الكبريتية وهذه تسمى المكبرتات solfataras .

•الينابيع الساخنة Hot Springs

تتكون الينابيع الساخنة عندما تسخن المياه الأرضية بواسطة كتل كبيرة من الصهارة توجد بالقرب من سطح الأرض ومن أمثلتها تلك الموجودة فى منطقة «بات» بجنوب إنجلترا ومناطق أخرى . كذلك توجد الينابيع الساخنة فى أماكن أخرى من العالم، مثل تلك الموجودة فى منطقة واكا إواروا Whakarewarewa فى نيوزيلندا، حيث كان السكان الأصليون يستخدمونها منذ قرون كمواقد طهى طبيعية .

•الحمات Geysers

هى نوع خاص من العيون الساخنة، يثور منها عمود من البخار والمياه الساخنة على فترات متقطعة . وتتكون الحمات فى مناطق تكون درجة حرارة

الأرض فيها مرتفعة بشكل ملحوظ، حيث توجد شقوق طويلة فى صخور المنطقة. وعندما يسخن الماء الأرضى عند قيعان هذه الشقوق إلى درجة حرارة أعلى من درجة غليان الماء (١٠٠) فإن الماء الموجود فى القاع يصبح فوق مسخن بفعل الضغط الموجود عند هذه الأعماق. وعندما يتمدد الماء الموجود فى هذه الأعماق فإنه يجعل جزءا من الماء الذى يعلوه ينساب على السطح. هذا الانسياب يقلل الضغط إلى حد يجعل الماء فوق المسخن يتدفع بشدة فى صورة بخار وعلى هيئة انفجار، قاذفا عمودا من الماء فى الهواء باندفاع شديد. وهناك بعض الحمات مثل المخلص القديم فى منتزه الحجر الأصفر Old Faithful in Yellowstone National Park فى أميركا، حيث تثور بانتظام بدرجة مثيرة للدهشة. وترجع شهرة هذه المنطقة إلى وجود مئات الحمات النشطة وحوالى ٣٠٠٠ عين ساخنة لكنها ليست متدفقة كالحمات. وهناك مناطق أخرى تشتهر بوجود الحمات مثل آيسلندا ونيوزيلندا واليابان.

١٣- النشاط البركانى الحديث Recent Volcanic Activity

فى عام ١٨٨٣ م وبعد ٢٠٠ عام من الخمود البركانى، ثار بركان كراكاتوا Krakatoa الذى يقع فى منطقة برزخ سوندا Sunda Strait بين جاوة وسومطرة فى أندونيسيا ليتبعه أكبر انفجار بركانى عرفه التاريخ. ولقد ألقى هذا الانفجار بالحطام أميالا كثيرة فى الهواء. وانتشر الرماد البركانى المتساقط فوق ٣٠٠ ألف ميل مربع (٨٠٠ ألف كيلو متر مربع). وفى خلال خمسة عشر يوما غطى الرماد والغبار البركانى الناتج عن الانفجار سطح الأرض تماما. وكان هذا النشاط البركانى العنيف الذى سببه بركان كراكاتوا هو المسئول عن أمواج المد والجزر الرهيبة، التى بلغ ارتفاع الواحدة منها ١٠٠ قدم، دمرت بسببها مئات القرى، وبلغ الفرقى ٣٦ ألف شخص.

وبركان بارىكتين Paricutin هو أحدث البراكين وأكثرها شهرة وهو الذى أمدنا بكثير من المعلومات عن مولد البركان وتطوره وموته. ويقع هذا البركان على مسافة ٢٠٠ ميل غرب مكسيكوسيتى. وكانت أول إشارة لنشاطه قد بدأت فى شهر فبراير عام ١٩٤٣ حينما حدثت انفجارات رهيبة وتدفقت الانسيابات اللابية والفتاتيات البركانية.

وبنهاية الأسبوع الأول من ثوران هذا البركان تكون مخروط بركانى بلغ ارتفاعه ٣٥٠ قدما وبلغ ارتفاع هذا المخروط البركانى ١٤٠٠ قدم فى العام الأول، وتوقف الثوران عام ١٩٥٢ ويبدو بركان باريكتين الآن فى صورة ميتة. ولعل أعظم الثورانات البركانية فى هذا القرن هى التى حدثت فى شهر مارس ١٩٥٦ فى شبه جزيرة كامشاتكا على الحدود الشرقية القصوى للاتحاد السوفيتى (سابقا). وكان النشاط البركانى قد بدأ مرة أخرى قبل ذلك بستة أشهر وتمكن فريق من العلماء الروس الذين ذهبوا إلى المنطقة من ملاحظة الأحداث المهمة التى تبعت ذلك النشاط البركانى وتوثيقها. ويبدو أنه كلما طالت مدة هجوع البركان، فإن الانفجار الذى يحدث - لو ثار البركان - بعد فترة السكون يكون عظيما جدا ومروعا. كانت منطقة شبه جزيرة كامشاتكا «هاجعة» أو نائمة بركانيا لفترة ٥٠٠٠ عام على الأقل، لذلك قذف الانفجار الهيب بمواد ذات أبعاد عملاقة وغازات متصاعدة وركام تساقط بكثافة كبيرة (يمكن أن يغطى مدينة فى حجم مدينة برمنجهام بطبقة سمكها خمسون قدما) وكان هذا الركام قبل أن يتساقط قد قذف فى الهواء لارتفاع ١٠٠ ألف قدم .

وكان جزء من فريق العلماء قد أقاموا معسكرهم على بعد أميال قليلة من الفوهة البركانية، فأفزعتهم الأصوات الرهيبة وكانت الأرض تهتز من تحتهم. وفى هذا الوقت بلغ قطر الفوهة البركانية ٨٠٠ قدم. وعندما توقف البركان عن الثوران بلغ قطر الفوهة ٥٠٠٠ قدم. وكان هناك جزء آخر من الفريق بمسكر على مسافة ٢٥ ميلا من الفوهة البركانية فتعرض لتساقط الرماد البركانى على هيئة مطر وابل (shower) غطى الجليد بسمك بوصات عديدة. وانتشرت سحب الغبار البركانى وسقط الرماد الدقيق حول القطب الشمالى. وشوهدت سحابة صغيرة من الرماد البركانى فوق بريطانيا بعد أربعة أيام من حدوث الانفجار البركانى .

الأمثلة التى ذكرناها هى مجرد ثلاثة من ثورانات بركانية كثيرة ومثيرة حدثت وسجلت. والقائمة الموجودة فى نهاية هذا الكتاب عن مراجع الاستزادة تزود بتفاصيل أخرى عن الأنشطة البركانية الشهيرة.

وعندما وصفنا اللابات الوسائدية Pillow Lavas كان حديثنا منصبا عن البراكين تحت البحرية التي تشور غالبا عند أعماق بعيدة، وهذه لا تشكل نفس المظاهر التي تخلفها البراكين التي تحدث على سطح الأرض. ولكن فى عام ١٩٥٧ حدث مثال فى جزر أزور Azores حيث عمق البحر ٣٠٠ قدم فقط، شاهد أحد الناس بواسطة منظاره المكبر Binocular ، فقاعات غريبة فى البحر وسرعان ما تحول البحر إلى لون أصفر قذر، نتيجة لتسرب الغازات من البركان الثائر. وفى خلال ساعات قليلة أصبح البحر فى هذه المنطقة فى حالة غليان وتصاعد فى الهواء عمود من البخار. وكان حجر النشف الذى قذفه البركان خفيفا قطفى على سطح الماء فى صورة كتل بنية اللون. وفى خلال أسبوع أو أسبوعين، كانت المواد التى قذفت من البركان قد بنت جزيرة زاد ارتفاعها على ٣٠٠ قدم، وبلغ قطرها ٢,٥ ميل، ولم تستمر طويلا كجزيرة، حيث اتصلت بما يجاورها من البر بشبه جزيرة من الركام الذى بلغ عرضه ميلا وهذا على النقيض مما حدث فى ثوران كمشاتكا Kamchatka الصاخب فقد حدث كل هذا فى هدوء وسكون إذ كتم البحر الضوضاء وهناك حالات مشابهة من الجزر التى تبرز فجأة أحيانا مما يجعلها مادة للعناوين الرئيسية فى الصحف.

الفصل الرابع

الصخور الرسوبية

SEDIMENTARY ROCKS

تتأثر الصخور المنكشفة على سطح الأرض بشكل خاص بعوامل التحات، فتؤثر فيها العوامل الكيميائية أو تتحطم ميكانيكيا بالدرجة على أرضية مجرى مائى مثلاً . وفئات هذه الصخور قد تتجمع وتنقل بواسطة الرياح والمياه والجليد . وعندما يتلاشى عامل النقل فإنها تتوضع ويشار إليها عموماً بأنها رواسب . وتتوضع الرواسب نموذجياً فى سطائح تسمى «طبقات» .

وحيثما تماسك الرواسب وتلتحم مكوناتها (وهذه عملية تسمى التحجر)، فإنها تكون الصخور الرسوبية sedimentary rocks . وهذه الصخور التى تمثلها النماذج الشائعة مثل الحجر الرملى والطفلة والحجر الجيري تكون حوالى ٧٥ ٪ من الصخور المنكشفة على سطح الأرض . ومعظم أنواع هذه الصخور تتكون فى ظروف بحرية ، أو على الأقل يرتبط تكوينها بالماء بطريقة أو بأخرى .

وتصنف الصخور الرسوبية عادة فى قسمين هما : الصخور الفتاتية clastic والصخور الكيميائية chemical ، وذلك بحسب مصدر المادة الصخرية التى تتكون منها والطريقة التى تكون بها الصخر .

١-الصخور الرسوبية الفتاتية Clastic Sedimentary Rocks

تتكون الصخور الرسوبية الفتاتية من كسارة صخرية تتج عن تحلل أو تفكك الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة . والصخور المتكونة عن بلى

وتفكك الصخور كانت موجودة من قبل تسمى الصخور الفتاتية detrital أو الكسارية fragmental. ونظرا لأن الرسوبيات التي تكونت منها هذه الصخور كانت قد نقلت بواسطة عوامل نقل ميكانيكية مثل الماء والرياح أو الجليد، فإن هذه الرسوبيات يطلق عليها اسم الرسوبيات الميكانيكية.

جدول رقم (٢): تصنيف الصخور الفتاتية

(مستديرة، وشبه مستديرة، وشبه زاوية)

الحجم size	الكسرة fragment	التجمع aggregate
أكبر من ٢٥٦ مم	جلمود boulder	جروول جلمودي - كوتجلوميرات جلمودي.
٢٥٦ - ٦٤ مم	حصاة cobble	جروول فوري.
٦٤ - ٤ مم	حصباء pebble	جروول حصبالي - كوتجلوميرات حصبالي.
٤ - ٢ مم	حببية granule	رمل حبيبي.
٢ - $\frac{1}{16}$ مم	حجم الرمل sand	رمل وحجر رملي (صخور رملية).
$\frac{1}{16}$ - $\frac{1}{256}$ مم	حجم الغرين silt	غرين وصخر الغرين (صخور طينية).
أقل من $\frac{1}{256}$ مم	حجم الصلصال clay	صلصال وطفلة

وتتكون الصخور الرسوبية الفتاتية من جسيمات صخرية لها أحجام مختلفة. وسوف نستخدم اصطلاح (رملی arenaceous) للصخور الفتاتية التي لها حجم حبيبي يقع بين (٢ مم و $\frac{1}{16}$ مم)، وكذلك اصطلاح طيني clay-argillaceous؛ ey للصخور ذات الحبيبات التي يقل حجمها عن $\frac{1}{256}$ مم. ويوضح جدول رقم (٢) أمثلة الأحجام التي لاقت قبولا كبيرا للمواد التي تتكون منها الصخور الرسوبية الفتاتية. وفيما يلي وصف لبعض أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية الأكثر شيوعا:

• الطفلة Shale

أكثر أنواع الصخور الرسوبية شيوعاً. وتتكون الطفلة من الغرين والصلصال اللذين يتصلبان على هيئة صخر متماسك. وتتميز الطفلة بأنها دقيقة التحبب مترققة وتفصل (تورق) بسهولة عبر مستويات التطبيق (أى مستويات التقسيم التى تفصل الطبقات المفردة فى طبقات الصخور الرسوبية) (شكل ٣٠). وإذا احتوت الطفلة على كمية لا بأس بها من الرمل سميت طفلة رملية arenaceous shale، والطفلة التى تحتوى على كمية من المواد العضوية تسمى طفلة كربونية، وهى ذات لون أسود تماماً بسبب ما تحتويه من مواد عضوية. كذلك إذا احتوت الطفلة على مواد جيرية، تسمى طفلة جيرية calcareous وقد ينتج من الطفلة الكربونية carbonaceous shale البترول أو الفحم. وتستخدم الطفلة الجيرية فى صناعة الأسمنت البورتلندى. وطفلة الزيت oil shale التى توجد فى وسط اسكتلندا لونها أسود عادة بسبب وجود المواد العضوية فيها، والتى تشمل على مواد هيدروكربونية وبالرغم من إمكانية الحصول على البترول من طفلة الزيت oil shale، إلا أن هذه العملية ليست اقتصادية. وفى خلال الحرب العالمية الثانية، كانت مصادر الزيت فى اسكتلندا تستخرج من طفلة الزيت، حيث أمكن الحصول على ٢٥ جالونا من البترول من كل طن من الطفلة.



شكل (٣٠)

طفلة توضح مستويات تطبيق

من أنواع الصخور الطينية الأخرى، الطين الحرارى fire-clay وهو راسب خفيف رمادى اللون غنى بالألومينا، يوجد عادة مع الفحم ويختلط مع بقايا

الجنذور الصغيرة الكربونية، وأهم استخدام الطين الحرارى هو بناء الأفران اللافة. ويحتوى الصلصال الصينى china clay على معدن الكاولينيت؛ الذى يتكون من تحلل معادن الفلسبار فى صخور الجرانيت، ويستخدم فى صناعة الخزفيات والسيراميكيات. والصلصال الصينى لونه أبيض ويوجد بصفة أساسية فى منطقة كورنوال Cornwall بإنجلترا. ويستخدم الصلصال clay فى صناعة قوالب الطوب بخلطه مع الرمل وأكاسيد الحديد، ومن هنا تأخذ لونها الأحمر. وطفلة الشب alum shale توجد فى يوركشير بإنجلترا واستخدمت من قبل مصدرا للشب الذى يستخدم فى صناعة الأصباغ والورق. كذلك تراب القصار fuller's earth هو نوع آخر من الصخور الطينية يستخدم فى تنقية الزيوت والدهون نظرا لقدرته على الامتصاص.

• الحجر الرملى Sandstone

يتكون الحجر الرملى أساسا من حبيبات من الرمل ملتصقة مع بعضها البعض، ويتميز الحجر الرملى بأن له نسيجاً حبيباً، وهو ثانى الصخور الرسوبية شيوعاً فى الأرض. وبالإضافة إلى معدن الكوارتز، فقد يحتوى الحجر الرملى على حبيبات من حجم الرمل (٢ - ٠.٦٢٥ مم) من معادن الكالسيت والجبس وأكاسيد حديد مختلفة. وصخر الأركوز arkose هو حجر رملى يحتوى على نسبة عالية من الفلسبار، وهذا المعدن (الفلسبار) الذى يستمد دائماً من الصخور الجرانيتية، يتحلل بسهولة فى الظروف الرطبة، ولذلك فإن وجوده يعد دليلاً على الترسيب السريع أو دليلاً على ظروف صحراوية سائدة وقت تكون الصخر.

• الجريت (حجر الطاحون) Grit

يحتوى حجر الطاحون على بعض الفلسبار أيضاً، ويتكون عادة فى الثلاث القديمة، ويعد حجر الطاحون التابع للعصر الكربونى مثالا نموذجياً على هذا النوع من الصخور الرملية.

• الجروق Greywacke

صخر رملى يتكون من كسارة زاوية الشكل، رديئة الفرز، تشتمل على الفلسبار الذى يوجد فى أرضية طينية دقيقة. هذه الخصائص التى تميز صخر

الجروق تدل على أن مصدره الصخور التي تجاوره والتي تحللت بسرعة ثم تماسكت وتصلبت معا؛ وعادة ما يكون ذلك في القعائر العظمى geosynclines، وهناك صخور من هذا النوع ذات سمك هائل توجد في شمال ويلز واسكتلندا.

الكوارتزيت Quartzite

صخر قد يحسب على أنه متحول أو رسوبي. ولو اعتبر متحولا يطلق عليه اسم ميتا كوارتزيت metaquartzite، ولو اعتبر رسوبيا فيسمى أرثوكوارتزيت orthoquartzite. ومن الواضح أنهما يتكونان أساسا من معدن الكوارتز، كما يدل اسمهما على ذلك. وهذه الصخور صلبة جدا ومقاومة لعوامل التجوية وتكون ظواهر ثابتة حيشما وجدت، مثل تلى لى Lickey Hill بالقرب من برمنجهام. والجانستر Ganister، صخر آخر يتكون من الكوارتز النقي تقريبا ويحتوى على جذيرات للنباتات ويوجد مع التتابعات الحاملة للفحم.

وقبل أن نترك الحديث عن الحجر الرملي، فإن الرمال الخضراء green-sands، جديرة بأن نلقى عليها بعض الضوء، فهي توجد في صخور الدور الطباشيري في جنوب إنجلترا، وعادة ما يكون لونها برتقاليا أكثر منه إلى الأخضر، وهذا الرمل قابل للطحن بسهولة، وترجع تسميته بالرمل الأخضر، لاحتوائه على معدن الجلوكونيت glauconite الأخضر اللون، وهذا الأخير هو معدن غنى بالحديد والبوتاسيوم، وهو معدن ثابت في الأحوال البحرية فقط (وهذا يعطى دليلا على طريقة تكوين الرمال الخضراء). وحينما يتصلب الجلوكونيت وينكشف على سطح الأرض، فإنه يتغير وينشأ عنه معدن حديد آخر هو الليمونيت limonite، الذى يصبغ الصخر كله باللون البنى المائل للون البرتقالى المألوف.

الكونجلوميرات Conglomerate

يتكون صخر الكونجلوميرات من حصى مستدير له حجوم مختلفة وهو فى الأصل راسب الجرول الذى اختلط مع الرمال وتماسك بعوامل لاحمة طبيعية. ويتردد حجم الواحدة من الكسر التى يتكون منها صخر الكونجلوميرات من حجم الغرين إلى حجم الجلاميد.

وصخر البريشة breccia هو كونجلوميرات مكون من كسارة صخرية زاوية، مما يدل على أنها لم تنتقل إلا مسافة صغيرة جدا من مصدر تكوينها. وقد تتكون البريشة من ركام السفوح أو نتيجة عملية طحن الصخور أثناء عملية التصدع. والحريث الصخري tillites هو صخور الكونجلوميرات التي تكونت بفعل المثلج.

وهناك نوعان خاصان من صخور الكونجلوميرات:

النوع الأول يسمى Hertfordshire Puddingstone، وهو من الحقب الثالث Tertiary، ويحتوى على كسارة مستديرة من الصوان flint. والنوع الثانى: وهو «طبقات الحصباء» pebble bed: التى توجد فى Bunter Sandstone وهى من الدور الترياسى Triassic Period وتحتوى على حصباء يتردد حجم الحبة منها بين ٠,٢٥ بوصة و ١٨ بوصة ويرجع أصلها إلى صخور الكمبرى والأورفنيش والكربونى.

٢- الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical Sedimentary Rocks

تسمى الرسوبيات التى توضع من مواد كانت ذائبة فى الماء باسم الرسوبيات الكيميائية. وترسب بعض الرسوبيات الكيميائية مباشرة من الماء التى كانت مذابة فيه؛ مثال ذلك الملح الصخري الذى يترسب نتيجة للتبخر من مياه البحر. وتسمى الرسوبيات التى تتكون بهذه الطريقة باسم «الرواسب الكيميائية غير العضوية». وتسمى الرواسب الكيميائية التى تترسب بواسطة أو بمساعدة النباتات أو الحيوانات باسم الرواسب العضوية أو البيوكيميائية أو البيوفاتية bioclastic. مثال ذلك: محارة الأويستر Oyster تستخلص كربونات الكالسيوم من مياه البحر لتبنى به الصدفة الجيرية، وعندما تموت الأويستر Oyster، تبقى صدفتها على قاع البحر حيث تحفظ فى الصخور التى تسمى رواسب القاع. وفيما يلى قائمة بأهم الرواسب الكيميائية وأكثرها شيوعا:

«الحجر الجيري Limestone

يتكون الحجر الجيري أساسا من معدن الكالسييت، وهو الشكل الشائع لكربونات الكالسيوم $CaCO_3$. توجد ضروب عديدة من الأحجار الجيرية التى تتباين فى أصلها وأشكالها:

• الطباشير Chalk

أحد أشهر الصخور الرسوبية المعروفة، وبالنسبة للمواطن الإنجليزي فإن الطباشير يعنى جروف دوفر البيضاء، ويتشى هيد، وداونز . وهى بيضاء تماما، وفي بعض الأحيان تحتوى على صخور الصوان flint . لكن فى يوركشير، توجد صخور طباشيرية حمراء، ويرجع لونها الأحمر إلى أكاسيد الحديد الحمراء التى صبغت بها هذه الصخور . ويرجع تكوين الطباشير بإنجلترا إلى الدور الطباشيرى، ويوجد الطباشير فى أقطار كثيرة بخلاف بريطانيا؛ ويوجد أسفل الصخور فى معظم أنحاء الدانمرك كذلك يوجد فى أستراليا . ولا يزال أصل الطباشير مادة للجدل . ويظهر الطباشير تحت الميكروسكوب على هيئة كسر من أصداف صغيرة أو مسحوق منها . ويمكن مضاهاة الطباشير بالردغة الموجودة فى فلوريدا، والتى دلت على أنها من الممكن أن تكون قد ترسبت كيميائيا . وهناك نظرية أخرى تفسر تكوين الطباشير على أنه ترسب فى بحار ضحلة مع مواد دقيقة جلدية من الصحروات المجاورة . ومن المحتمل أن تكون النظريتان غير صحيحتين .

• كوكينا Coquina

ضرب من الحجر الجيري، يتكون تماما من كسرة الأصداف .

• الحجر الجيري الزنبقاني Crinoidal Limestone

يتكون من قطع متكسرة من الزنبقيات، وهى كائنات تعيش فى مياه البحار الضحلة الدافئة، وترجع معظم أنواع الحجر الجيري الزنبقاني إلى الدور الكربوني وتوجد فى دربى شاير Derbyshire ويوركشير Yorkshire وفى أماكن أخرى عديدة بإنجلترا .

• شعاب الأحجار الجيرية Reefal Limestones أو الحجر الجيري الشعابى Coral

Limestone

كما يدل الاسم فإنها تتكون أساسا من مرجانيات وجوفومعويات Coelentrata مثل ستروماتوبورا Stromatopora . وتوجد هذه الشعاب الجيرية فى الدور السيلورى (ونيلوك Wenlock) والديفونى والكربونى والجوراسى .

• الأحجار الجيرية السرئية والبازلائية Oolitic and Pisolitic Limestones

هي أحجار جيرية تتكون من حبيبات مستديرة ترسب حول نواة عضوية في وسط من تيارات دوارة قليلة الشدة. اشتق اسم oolite من كلمة إغريقية تعنى حجر بطروخ السمك fish-rope stone وكلمة pisolite من الحجر البازلائي . pea stone

وتوجد هذه الأحجار الجيرية السرئية والبازلائية مصاحبة المرجانيات. وأشهر تكوينين من هذه الصخور هما «السرئي العظيم Great Oolite» والسرئي الصغير «Inferior Oolite» وهما من الدور الجوراسي وينكشفاً على السطح في كوتس وولد هل Cotswold Hill في منطقة باث Bath وكذلك في يوركشير.

وفي أياها هذه فإن كلا التكوينين السابق ذكرهما يظهران مع الشعاب المرجانية كما في الحاجز العظيم باستراليا، Great Barrier Reef of Australia.

• الترافرتين Travertine

يكون الترافرتين الصواعد والهوابط stalactites and stalagmites في الكهوف كما في مناطق شيدار Cheddar وكاسلتون . Castleton بإنجلترا، وهي ضروب متبلورة ومشترطة، غالباً، تصطبغ بشوائب تعطيها ألواناً جميلة غير عادية.

• الطوفا Tufa

حجر جيرى مسامى إسفنجى يترسب حول الينابيع ومجارى الأنهار.

• الحجر الجيري الليثوجرافى Lithographic Limestone

لا يوجد هذا النوع من الأحجار الجيرية فى بريطانيا، لكنه مهم جداً وجدير بالاهتمام لما يحتويه من حفريات. والحجر الجيري الليثوجرافى صخر يرجع عمره إلى الدور الجوراسى، ويوجد فى بافاريا (جنوب ألمانيا) ويتكون من طين الكالسيت (راسب دقيق جداً يترسب فى ظروف لاجونية) وقد احتفظ هذا الحجر بأكثر من ٤٠٠ نوع species من الحفريات تشتمل على طوابع للأسماك الهلامية (قناديل البحر) Jelly-fish وكذلك الأركيوتيركس Archaeopteryx،

وهو طائر من عصور ما قبل التاريخ وهو أول شكل لحيوانات لها ريش ظلت محتفظة ببعض خصائص الزواحف. وفي وقت ما، كان هذا الحجر الجيري الليثوجرافى مهما اقتصاديا فى أغراض الطباعة (اسمه يعنى حجر الرسم). وما زالت هذه العملية تستعمل حتى اليوم ولكن بدرجة محدودة، بعد أن استبدل بالحجر الجيرى الليثوجرافى الألواح الفلزية.

• الدولوميت Dolomite

يعرف الدولوميت باسم الحجر الجيرى المغنيسى *magnesium limestone*، وتركيبه الكيميائى $(CaCO_3 \cdot MgCO_3)$ ويتكون الدولوميت عندما يحل المغنسيوم محل بعض الكالسيوم فى الحجر الجيرى. والطريقة التى يتم بها هذا الاستبدال، ما زالت غير مفهومة تماما حتى اليوم، لكن بعض الشعاب والسرديات والحفريات قد تغيرت تماما بهذه العملية. ويستخدم الحجر الجيرى والدولوميت فى أغراض البناء على نطاق واسع جدا.

• المتبخرات Evaporites

تتكون هذه الصخور الرسوبية من المعادن التى ترسب من مياه البحر نتيجة لعملية البخر. وتشمل هذه المعادن الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ، والأنهيدريت $CaSO_4$ ، والهاليت (الملح الصخرى $NaCl$) وتوجد كميات هائلة من هذه الرواسب أسفل معظم أجزاء الجزء الأوسط والشمالى لإنجلترا (هناك تفصيلات أكثر عن هذا الموضوع توجد فى الفصل الثانى من هذا الكتاب).

• الفحم Coal

يتكون الفحم أساسا نتيجة لعملية تكربن بقايا النباتات. ويوجد عادة فى طبقات مع الصخور الرسوبية. وخلال عملية تكوين الفحم يمر فى بدء تكوينه، بمراحل عديدة هى: مرحلة الخث *peat*؛ الذى يتكون من مواد نباتية متكربة جزئيا، ويمثل أولى مراحل تكون الفحم. ويوجد فى أماكن كثيرة من البرارى والمستنقعات فى وسط أيرلندا. المرحلة التى تلى ذلك هى مرحلة تكوين اللجنيت *lignite* أو الفحم البنى. والمرحلة الثالثة هى مرحلة تحول اللجنيت إلى الفحم القارى (البتيومينى) ويسمى أيضا الفحم الناعم الذى يتحول بدوره إلى الفحم

الصلب (الأنثرايت) anthracite. وكان الفحم ولا يزال هو الوقود المهم فى الأغراض الصناعية والعامل الحيوى لازدهار الصناعة فى بريطانيا. وتوجد أهم مناجم الفحم من الدور الكربونى فى وادى مدلاند فى اسكتلندا Midland Valley of Scotland وفى شمال إنجلترا وجنوب ويلز. كذلك تمتد حقول الفحم فى مقاطعة كنت Kent .

نوع آخر من الصخور الرسوية العضوية هو الراديولاريت radiolarite وهو من الأنواع التى تتكون أساسا من الهياكل الخارجية السيليسية لحيوانات وحيدة الخلية تعرف باسم الراديولاريا radiolarians. كذلك فإن الدياتوميت diatomite الذى يتكون من البقايا السيليسية للنباتات المجهرية المعروفة باسم الدياتومات diatoms هو صخر رسوبى عضوى.

أما حجر الحديد ironstone، الذى يتكون من خامات عديدة من الحديد، فإنه يمد العالم باحتياجاته من الحديد، وهو أيضا من الصخور الرسوية.

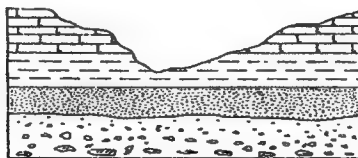
٣- الخصائص الفيزيائية للصخور الرسوبية

Physical Characteristics of Sedimentary Rocks

تتميز الصخور الرسوبية بخواص فيزيائية محددة، وتظهر ملامح معينة يمكن بواسطتها التمييز بينها وبين الصخور النارية والمتحولة، وفيما يلى بعض من هذه الخواص:

• الطباقية Stratification

ربما تكون أهم الخصائص المميزة للصخور الرسوبية وجودها فى طبقات (شكل ٣١).



شكل (٣١)

قطعاع فى طبقات صخور رسوبية

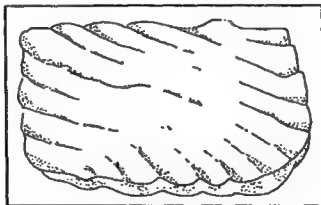
يفصل كل طبقة عن الأخرى مستوى هو السطح العلوى للطبقة السفلى وفى الوقت نفسه يكون هو السطح السفلى للطبقة العليا، ويسمى مستوى التطبيق. وتتكون هذه الطبقات بواسطة العوامل الجيولوجية مثل 'رياح أو الماء أو الجليد عندما ترسب حمولتها من الرواسب تدريجيا ويؤدى التغير فى عامل النقل (مثل نقصان سرعة المجرى أو سرعة الرياح) إلى التأثير على أنسجة الصخور الرسوبية وكذلك على ثخانة الطبقات.

• النسيج Texture

يتحدد نسيج الصخر الرسوبى بحجم المواد التى تكونه، كذلك شكلها وطريقة ترتيبها. فالكونغلواميرات مثلا يتميز بنسيج غليظ coarse، بينما الحجر الجيري الدقيق التحبب له نسيج دقيق fine. وتقسم الرمال إلى رمال غليظة التحبب ودقيقة التحبب وهكذا. . . بصفة عامة يقال إن الأنسجة textures فتاتية clastic إذا كانت مكونة من فتات صخرى أو معادن فتاتية، ويقال إنها لافتاتية non - clastic إذا كانت متبلورة أو متحبة تقريبا.

• علامات النيم Ripple Marks

تكون موجات صغيرة أو تموجات من الرمل على سطح الأرض عند الشواطئ أو على الكشبان الرملية أو على قاع مجرى مائى. وهذا النمط من العلامات قد تحتفظ به أنواع معينة من الصخور الرسوبية (شكل ٣٢) وقد يمد الجيولوجى بمعلومات عن الظروف التى ترسب فيها الراسب.

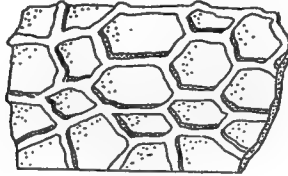


شكل (٣٢)

نيم الأمواج

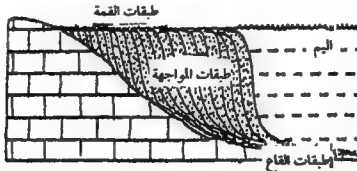
• تشققات الطين Mud Cracks

من الشائع أن نجد تشققات الطين التي تكونت على قيعان البحيرات التي تجف والمستنقعات وطبقات المجارى المائية. وهذه الأشكال ذات الأضلاع المتعددة (polygonal) تعطي مظهرا يشبه خلية النحل. ومثل هذه الشقوق (شكل ٣٣) تحفظ فى الصخور الرسوبية فتعطي انطباعا بأن هذه الصخور كانت قد تعرضت لفترات من الفيضان تتبادل مع فترات جفاف، وتظهر التشققات الطينية عندما يتعرض الصلصال إلى الجلو خلال فصل ذى مناخ جاف.



شكل (٣٣)
شقوق الطين

وهناك خصائص أخرى تميز الصخور الرسوبية مثل التطبق المتقاطع cross-bedding، الذى يدل وجوده فى صخر ما على فعل التيارات المائية القوية أو الرياح فى المناطق الصحراوية. كذلك طبقات الواجهة - foreset beds التى توجد فى الدلتات (شكل ٣٤) حيث تجلب الأنهار السريعة الجريان حمولتها

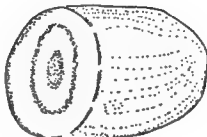


شكل (٣٤)
ترسيبات الدلتا

وتلقى بها لتكون النموذج الموضح في (الشكل ٣٤). وقد تكشف هذه الاشكال بفعل عمليات التحات. ويحدث التطبق المتدرج graded bedding حينما تتصف المواد الصخرية بنفسها بعد الترسيب السريع بحيث تتجمع المواد الثقيلة في القاع. وبعد التطبق المتدهور slumped bedding اضطرابا احتفظت به الطبيعة على أرضية البحر. وتصابح الطبقات الحولية varved beds المثالج وتمثل كل سطحية فيها الرسوبيات التي انطلقت نتيجة لانصهار الجليد في كل صيف.

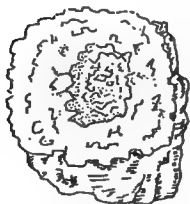
• الدرنات الصخرية Concretions

تحتوى بعض أنواع الطفلة والأحجار الجيرية والأحجار الرملية على كتل صخرية كروانية أو منبعجة الشكل، تكون عادة أصلب من الصخر المضيف لهذه الكتل، وتسمى هذه الأجسام باسم الدرنات الصخرية (شكل ٣٥) وتتكون هذه الدرنات الصخرية حول أنوية قد تكون حفرة أو أى جسم صلب. ويتردد قطر الدرنات الصخرية بين بوصة واحدة وأقدام



شكل (٣٥)
درنه صخرية

عديدة. ونظرا لأن الدرنات الصخرية تكون أكثر صلابة من الصخور الحاوية لها، فإنها تبقى ولا تبلى بعد أن يتحات الصخر المضيف.



شكل (٣٦)

فجوة تحدها بلورات من الداخل

• الترجيل الصخرى Geodes

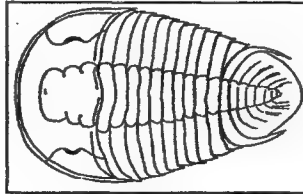
هى درنات صخرية كروانية الشكل مجوفة وفارغة، وغالبا ما يتحدد الفراغ ببلورات معدنية (شكل ٣٦) وتوجد الفراغات غالبا في الصخور الجيرية، لكنها قد تكون أيضا في بعض تكاوين الطفلة.

• اللون Colour

فى منطقة مثل «خليج الشب Alum Bay» فى جزيرة وايت Isle of Wight يلاحظ أن تكاوين الصخور الرسوبية فيها تتميز بألوان براقه. ويرجع لون هذه الصخور وغيرها من الصخور الأخرى إلى التركيب الكيميائى للمعادن التى تنشر فى الصخور. ويعد معدن الهيماتيت hematite أحد أهم المعادن التى تلون الصخور الرسوبية ويتج عنه ألوان حمراء أو وردية. ويتج عن وجود اليمونيت limonite تلون الصخور بلون أصفر. وتعطى معادن المنجنيز ألوانا ذات درجات متباينة من اللون القرمزى purple. أما الصخور التى تحتوى على محتوى عال من المواد العضوية (مثل الطفلة الكربونية) فتكون فى العادة ذات لون رمادى أو أسود. وبالإضافة إلى ذلك فقد تؤثر عمليات التجوية على اللون القشيب للصخر، لكنه مع عمليات الأكسدة، ونتيجة لعملية التجوية الكيميائية يصبح لونه بنيا ضاربا إلى الإصفرار على سطحه المجوى weathered surface.

• الحفريات Fossils

الحفريات هى بقايا النباتات والحيوانات القديمة، وهى الأجزاء الصلبة القابلة للحفظ من الكائنات الحية التى كانت تعيش فى عصور ما قبل التاريخ، والتى عاشت فى المنطقة التى جمعت منها بقاياها (شكل ٣٧). ولقد خلّفت نسبة ضئيلة فقط من النباتات والحيوانات بقايا لها عبر التاريخ الجيولوجى، وأغلبها تنتمى إلى البيئة البحرية.



شكل (٣٧)

ترايلوبيت حفرية مميزة لحقب الحياة القديمة

الفصل الخامس

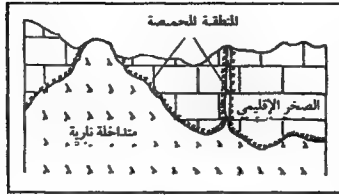
التحول والتحرف القشري

METAMORPHISM AND CRUSTAL DEFORMATION

الصخور المتحولة هي صخور كانت رسوبية أو نارية أصلاً، دفنت في الأعماق السحيقة لباطن الأرض حيث تعرضت إلى درجات حرارة عالية جداً وضغط شديد. وتحت هذه الظروف الفيزيائية تحدث تغيرات كبيرة في الصخور المتصلبة، وهذه التغيرات يشملها مصطلح «التحول» metamorphism (كلمة meta من اللغة الإغريقية معناها تغير change، وكلمة morphe معناها شكل) ويتعرض الصخر الأصلي في أثناء عملية التحول إلى تغيرات فيزيائية وكيميائية تغير من نسيجه الصخري ومن لونه وبنيته، وحتى التركيب الكيميائي تشمله هذه التغيرات. وعليه، فالحجر الجيري يتحول إلى رخام، والحجر الرملى يتحول إلى الكوارتزيت. والآن دعنا نتناول بالدراسة أهم أنواع القوى التي يمكنها إحداث التغيرات التحولية metamorphic changes.

١- التحول بالتماس Contact Metamorphism

حينما يغزو جسم ناري صخر المنطقة (الصخور الرسوبية المحيطة بمتدخلات نارية)، فإن صخر المنطقة تحدث له تغيرات كبيرة، فمثلاً الحجر الجيري الذي تخترقه صهارة ملتهبة قد يتحول لمسافة تمتد من بوصات قليلة إلى أميال عديدة من خط التماس بين الصخر الرسوبى والصهارة الملهبة. وبعض أنواع الصخور المتحولة قد تكونت بهذه الطريقة فيما يعرف باسم «المنطقة المحمصة» baked zone من صخر المنطقة المتحول (شكل ٣٨).



شكل (٣٨)

منطقة محيطة في صخر إقليمي يحيط متاخلة نارية

وقد تنتج التغيرات الفيزيائية من التحول بالتماس عندما تتخلل السوائل الصهارية المعادن الأصلية. لصخر المنطقة مما يحدث لها عملية إعادة تبلور غالباً. هذه العملية التي ينتج عنها إما معادن جديدة وإما بلورات معدنية أكبر مما كانت عليه قبل هذه التغيرات، تؤدي إلى تغير كبير في نسيج الصخر، وبالإضافة إلى ذلك، فإن السوائل الصهارية تضيف عناصر ومركبات جديدة، وهذه تؤدي بدورها إلى تعديل التركيب الكيميائي للصخر الأصلي ومن ثم تكوين معادن جديدة.

وتسمى منطقة التماس باسم «الهالة» aureole، وهي التي تحيط بالصخر الناري المتدخل، وتكون عامة صخر الهورنفلس hornfelse، وهو صخر ناري غليظ التحبب بالقرب من المتدخلات النارية، ويتدرج إلى صخور رقيقة تحوي على معادن مثل البيوتيت والكورديريت.

٢- التحول الديناميكي (الحركي) Dynamic (or Kinetic) Metamorphism

يحدث التحول الديناميكي حينما تتعرض طبقات الصخر إلى تحركات بنوية structural deformation أثناء تكون سلاسل الجبال. ويتسبب الضغط الناتج عن طي طبقات الصخر وتشققها وتجميعها في إحداث تحولات معقدة ذات انتشار عظيم. مثل هذه الضغوط قد ينشأ عنها تمزيق وتحطيم الصخور، وكذلك طمس أى دليل على وجود حفريات أو تطبيق في الصخور، وإعادة ترتيب حبيبات المعادن وزيادة درجة صلابتها. ونظراً لأن هذا النوع من التحول يحدث على نطاق إقليمي كبير نسبياً، فإنه يسمى التحول الإقليمي regional metamorphism.

٢- تأثيرات التحول ونواتجه Effects and Products of Metamorphism

تعتمد التأثيرات التي يحدثها التحول بدرجة كبيرة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للصخر الأصلي، وكذلك على عامل التحول ودرجته. وأهم التأثيرات الأساسية هي التي تطرأ على النسيج الصخري والتركيب الكيميائي للصخر. وتحدث عملية إعادة ترتيب البلورات المعادن في أثناء التحول، فقد تصبح البلورات متورقة foliated أو لامتورقة non-foliated.

١- الصخور المتورقة Foliated Metamorphic Rocks

الصخور المتورقة هي تلك التي تتسطح معادنها أو تسحب وتترتب في طبقات متوازية أو شرائط. وتوجد ثلاثة أنواع من التورق هي:

- أ- تورق أردوازي ب- تورق شيتوزي ج- تورق نيسوزي.
- وفيما يلي وصف لهذه الأنواع الثلاثة بالإضافة إلى بعض الصخور الشائعة التي توجد فيها هذه الأنواع من التورق:

١- الأردوازي Slate

هو طفلة متحولة، يتميز بنسيج دقيق جداً، حيث لا يمكن التعرف على المعادن المكونة له بالعين المجردة. ولا يظهر الأردوازي بنية شريطية banding، لكنه يتفصل بسهولة إلى رقائق رفيعة. ويوجد الأردوازي في ألوان متعددة، لكنه يكون عادة رمادياً أو أسود أو أخضر أو أحمر. ويتميز الأردوازي بتشقق أردوازي slaty cleavage (وهو يختلف عن التشقق الموجود في المعادن)، مما يجعله مناسباً لصناعة الأسقف وصناعة السبورات، كما يصلح لرصف الطرق.

ب- الشيست Schist

الشيست صخر متحول متورق متوسط التجبب إلى غليظ التجبب، يتكون تحت ضغوط عظيمة أكبر من تلك التي يتكون عندها الأردوازي. ويتكون الشيست أساساً من معادن ميكائيت micaceous في ترتيب متواز يسمى الشسترة schistosity (شكل ٣٩) ويتفلق الشيست بسهولة على طول مستويات الشسترة (التورق) التي تشنى وتتجمد. وقد ينشأ صخر الشيست عن صخور نارية دقيقة التجبب بالإضافة

إلى منشئة من الأردواز. وتسمى هذه الصخور الشيستية تبعاً للمعدن الأكثر وفرة فيها، مثل شيست الميكا mica schist وشيست الكلوريت chlorite schist وهكذا.



شكل (٣٩)

شيست، صخر متحول متورق

• شيست الميكا جرنيت Garnet Mica Schist

يحتوى هذا الصخر على معدن سليكاتى هو الجارنت garnet وأفضل بلورات الجارنت تكون شفافة ولونها أحمر ياقوتى ruby red وهو حجر شبه كريم، وتستخدم بلورات الجارنت ذات الدرجة الأدنى مادة ساحجة.

• الفيلليت Phyllite

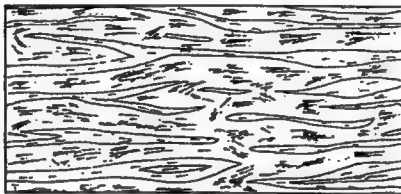
اشتق الاسم من أصل إغريقى (كلمة phyllon ومعناها ورقة leaf). وصخور الفيلليت تكون دقيقة التحبب وأكثر دقة من صخور الشيست، لكنها تكون أكثر غلظاً فى نخبها من الأردواز. ولصخور الفيلليت بريق حريرى لامع يميز لسطوحها القشبية (المكسورة حديثاً)، ويرجع ذلك إلى وجود حبيبات دقيقة من معادن الميكا، تكون معظمها من الطفلة التى تعرضت إلى ضغوط عالية أكثر من الضغوط اللازمة لتكوين الأردواز، لكنها ليست بالشدة التى تكفى لتكوين الشيست.

جـ- التيس Gneiss

صخر متحول بدرجة عالية، غليظ التحبب له بنية شريطية. ويتميز هذا الصخر بوجود شرائط متبادلة من معادن دكتاء مثل الكلوريت والبوتيت أو

الجرافيت وتوجد هذه الاشرطة على هيئة مطوية ومثنية (شكل ٤٠) وبالرغم من أن بعض صخور النيس قد تشبه صخور الشيست، إلا أنه لا يسهل تشقق طبقاتها بسهولة. وقد يكون وجود البنية الطبقة في صخر النيس دليلا على وجود الطباقية في الصخر الرسوبي الاصلى، أو قد يكون راجعا إلى تبادل معادن حاملة اللون مع أخرى دكناء في الصخر الناري الاصلى الغليظ التجب والذي تحول بعد ذلك إلى صخر النيس.

وبوجه عام، فإن صخر النيس قد تعرض لدرجة كبيرة من التحول أكثر من صخور الشيست، وإنه تكون نتيجة للتحول الإقليمي الشديد.



شكل (٤٠)

النيس، صخر متحول ذو نسيج متطرق

Non-Foliated Metamorphic Rocks الصخور المتحولة غير المتورقة

هذه صخور متحولة كتلية تماما أو حبيبية في نسيجها ولا يوجد بها تورق. وبالرغم من تشابه بعض الصخور المتحولة غير المتورقة مع صخور نلوية معينة، إلا أنه يمكن التفرقة بينهما على أساس التركيب المعدني.

الكوارتزيت Quartzite

يتكون الكوارتزيت من تحول الحجر الرملى، وهو أحد أكثر الصخور مقاومة، ويتكون من كتل متبلورة من حبيبات الرمل اللتصمجة جيدا بعضها مع بعض. وحينما يتكون الكوارتزيت من الكوارتز النقى، فإنه يكون أبيض اللون. ومع ذلك فقد يتخذ ألوانا مختلفة مثل الأحمر والأصفر والبني، ويرجع ذلك إلى

وجود الشوائب التي تصبغ الصخر بهذه الألوان. وتسمى الصخور الكوارتزيت المتحولة باسم ميتا كوارتزيت metaquartzite، وذلك للفرقة بينها وبين صخور الأرنوكوارتزيت الرسوبية.

جدول رقم (٣): بعض الصخور النارية والرسوبية الشائعة

ومكافئاتها المتحولة

الصخر الأصلي	الصخر المتحول
الحجر الرملي	كوارتزيت
الطفلة	أريواز - فيلليت - شيمت
الحجر الجيري	الرخام
الفحم البتوميني	فحم أنثراسيت وجرافيت
الصخر الأصلي الناري	
صخور نارية ذات نسيج حرائتي	ديس
صخور نارية ذات نسيج مدمج	شيمت

● الرخام Marble

صخر جيري متبور غليظ التحبب نسبيا. وهو حجر جيري أو دولوميت متحول. ويتكون نتيجة لعملية إعادة التبلور. وفي هذه الصخور تحطم كل الأدلة الحفرية والتطبق أثناء عملية التحول.

ويكون الرخام أبيض اللون حال كونه نقيًا، لكن وجود الشوائب يكسب الرخام مدى واسعا من الألوان المختلفة.

● الأنثراسيت Anthracite

حينما يتماسك الفحم البتوميني أو الفحم غير الصلب، فإنه يتشنى ويسخن ويتحول إلى الأنثراسيت أو الفحم المتصلب. ونظرا لتعرضه لعملية كربنة شديدة،

فمحتواه الكربوني يكون عاليا وثابتا؛ وغالبا ما تكون كل المواد المتطايرة قد تصاعدت منه تقريبا.

٤- الحركات القشرية والتكتونية Crustal Movements and Tectonism

تعرضت القشرة الأرضية إلى تغيرات بنوية كبيرة خلال الأزمنة الماضية من تاريخ الأرض. وحتى اليوم، فإن القشرة الأرضية تتغير باستمرار بثلاث من القوى الرئيسية:

الهدم والبناء gradation، والبركتة volcanism، والتكتونية tectonism. ولقد سبق وأن تحدثنا عن الهدم والبناء والبركتة في فصول سابقة من هذا الكتاب.

والآن نرى كيف أثرت القوى التكتونية في الأرض. وكما هو معروف، فإن التكتونية تشمل العمليات التي ينتج عنها تحرف القشرة الأرضية؛ وتحدث الحركات التكتونية ببطء عادة وتستمر لفترة طويلة من الزمن، لكن بعضها - على سبيل المثال - مثل الزلازل تحدث فجأة وبعنف. وفي بعض الحالات قد تتحرك الصخور رأسيا، فينشأ عن ذلك صعود أو هبوط للكتل القارية. وقد تكون الحركة جانبية أو أفقية نتيجة لقوى التضغوط أو الشد. والنمطان الرئيسيان من الحركات التكتونية هما: الإيروجنية Epeirogeny وهي حركات أرضية رأسية والثانية هي الأوروجنية Orogeny وهي حركات جانبية أساسا.

• الحركات الإيروجنية Epeirogenic Movements

هذه حركات بطيئة نسبيا يصاحبها رفع للقارات أو غمر لها وتؤثر هذه الحركات على مساحات كبيرة نسبيا وينتج عنها إمالة أو التواء للكتل البرية.

وعملية الرفع في الحركات الإيروجنية تؤدي إلى رفع المنصات المقطوعة بالموج wave-cut benches ورفع الجروف البحرية إلى ما فوق مستوى سطح البحر.

وتوجد نماذج من هذا النوع يشيع وجودها على طول أجزاء معينة من ساحل المحيط الهادى لأمريكا الشمالية. وهناك أجزاء من الساحل الاسكتلندى ترتفع لأكثر من ثلاثة أقدام في كل قرن. وقد يحدث هبوط للقارات أيضا وعليه، فهناك

مناطق من القارات تهبط ببطء تحت المحيط وتصبح مغمورة بالبحار الضحلة. وهناك حركات مماثلة سببت انفصال الجزر البريطانية عن القارة الأوربية. (وقد يحدث الهبوط أيضا نتيجة لارتفاع مستوى سطح البحر).

ويلاحظ أن الطبقات الصخرية التي تتأثر بالحركات الإيروجنية لا تطوى أو تنصدع بشدة في العادة. لكنه وكما ذكر سابقا، فإن مثل هذه الطبقات قد تتعرض للإمالة أو الالتواء بدرجة كبيرة.

• الحركات الأوروجنية Orogenic Movements

هذه الحركات تكون أكثر شدة من الحركات الإيروجنية، وتتعرض الصخور في هذا النوع من الحركات إلى إجهاد كبير. وتعرف هذه الحركات باسم الحركات البانية للجبال، وعادة ما تؤثر على مناطق ضيقة ممتدة ويصاحبها دائما عمليات طيّ وتنصدع كثيرة. وهذا النوع من اضطراب القشرة الأرضية قد يصاحبه نشاط ناري وزلازل. وبالرغم من بطء الحركات الأوروجنية، إلا أنها تحدث بسرعة أكبر قليلا من السرعة التي تحدث بها الحركات الإيروجنية.

5- البنيات الصخرية التي تسببها القوى التكوينية

Rock Structures Produced by Tectonism

تؤدي الحركات التكوينية سواء أكانت إيروجنية أم أوروجنية إلى حدوث التحرفات الصخرية. وفي الظروف السطحية تكون الصخور العادية هشة فتصدع، أو تنكسر لو تعرضت لإجهادات شديدة. أما الصخور المدفونة في الأعماق، فهي على أي حال تتعرض لدرجات حرارة عالية وضغط شديد مما يجعلها لدنة plastic، وإذا استمر تعرض هذه الصخور لإجهاد طويل المدى فإنها تنعوج أو تطوى بدلا من أن تنصدع.

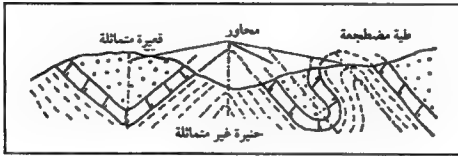
• الاوجاج Warping

ينشأ الاوجاج عادة نتيجة رفع أو خفض مساحة واسعة من القشرة الأرضية. وتبدو الطبقات الصخرية في مثل هذه المناطق كأنها أفقية أساسا، لكن الدراسات التفصيلية المدققة توضح أن هذه الطبقات أصبحت مائلة بلطف.

وحركات الاعوجاج هي من النوع الإيسروجيني وعادة ما يصاحبها أو لا يصاحبها قليل من الطي والتصدع المحليين.

• الطي Folding

قد لا يحدث للصخور إمالة أو اعوجاج فقط، لكنها تطوى أيضا (شكل ٤١) وتختلف الطيات كثيرا في درجة تعقيدها وحجمها وتكون الطيات حينما تتجعد الصخور وتلوى في سلاسل لها بنايات تشبه الموجات. وتنشأ هذه البنايات نتيجة لقوى تضاغية أفقية ينتج عنها العديد من البنايات المختلفة.



شكل (٤١)

أنواع الطيات

• الحناير Anticlines

هي صخور مطوية إلى أعلى (شكل ٤١) أما القعائر synclines (شكل ٤١ أيضا) فتتشأ عندما تطوى طبقات الصخور إلى أسفل. وتسمى الحناير الكبيرة العريضة والتي تغطي مساحات شاسعة باسم الحناير العظمى geoanticlines، ومثيلتها الكبيرة التي تطوى إلى أسفل فتسمى القعائر العظمى geosynclines. وقد ترسبت رواسب لها سمك عظيم وتراكمت في بعض القعائر العظمى في الزمن الجيولوجي الماضي، وارتفع بعض من هذه الرواسب السمكية وكون سلاسل الجبال المطوية. ومثل هذه القعائر العظمى شغلت أجزاء كثيرة من بريطانيا في أثناء الحقب الباليوزوي، وامتدت من أيرلندا عبر ويلز إلى اسكتلندا والنرويج. وهذا السمك الهائل من الرواسب التي تكونت في القعائر العظمى تتعرض في النهاية إلى عمليات الرفع والطي مكونه المناطق الجبلية.

وعند دراستنا للطيات، لابد أن نكون قادرين على تحديد «وضع» attitude طبقات الصخر، وكلمة «وضع» مصطلح يستخدم لتحديد وضع الصخر بالنسبة لاتجاه البوصلة والمستوى الأفقى. ويعرف بأنه المضرب strike والميل dip (شكل ٤٢) ومضرب تكوين ما هو اتجاه البوصلة للمخطط الناتج عن تقاطع مستوى التطبيق مع المستوى الأفقى. والميل dip هو زاوية الميل بين مستوى التطبيق والمستوى الأفقى ويكون اتجاه الميل دائماً عمودياً على المضرب. وطبقاً لذلك فإن الطبقة الصخرية التى تميل جهة الشمال يكون مضربها شرق - غرب.

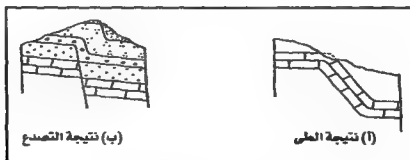


شكل (٤٢)
المضرب والميل، مضرب لطبقات شمال-
جنوب والميل إلى الشرق

وهناك أنواع أخرى من الطيات تشمل أحاديات الميل monoclines والقباب Domes.

• أحادى الميل Monocline

هو طية بسيطة تشبه الدرج step-like، وتميل فى اتجاه واحد فقط. وهناك مثالان من أصليين مختلفين لأحاديات الميل يشاهدان فى خليج الجرف الأبيض White Cliff Bay (جزيرة وايت Isle of Wight) بإنجلترا. وهذا نشأ عن الطي (شكل ٤٣). أما الموجود على رصيف لندن London Platform أسفل صخور الباليوزوى فقد تحرك على طول خط صدع (شكل ٤٣ ب).



شكل (٤٣)
أحاديات الميل

● القبة Dome

هى طية تميل طبقاتها بعيدا عن مركز مشترك. والقبة المتحاة والمعروفة باسم «ويلد» Weald، بين شمال وجنوب دونز «Downs» هى خنيرة مركبة Anti-clinorium وكانت أساسا خنيرة ضخمة وبها طيات صغيرة عديدة وصدوع. وهناك أحواض ضخمة متشابهة مثل حوض هامبشير Hampshire Basin تسمى القعائر المركبة synclinaloriums (انظر شكل ٤٤) وقد تكون الخناثر والقعائر متماثلة (أى الميل فى كل طرف منها واحد) أو غير متماثلة. وإذا كانت الطية الخنيرية تميل فى اتجاه ثانوى يقال إنها غاطسة Pitched وتسمى الطية مضطجعة recumbent عندما يحدث لها طى متزايد بحيث توجد الصخور الأقدم فوق الصخور الأحدث (شكل ٤١). ويتكون جزء من جرابيانز Grampians من طية مضطجعة كبيرة.



شكل (٤٤)

رسم تخطيطى للخنائر المركبة

● الشدخ (التشقق) Fracturing

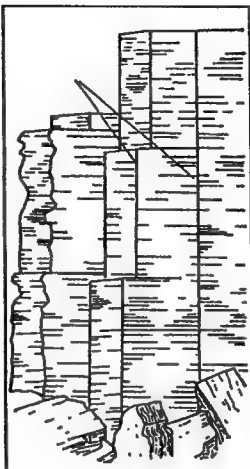
تصبح الصخور الموجودة قرب السطح والمعرضة لإجهاد كبير، قابلة للشدخ، وبذلك تتكون فيها صدوع ومفاصل. والشدخ الذى لا تحدث عليه حركة أو تحدث عليه حركة بسيطة يسمى مفصل joint (شكل ٤٥).

وتوجد المفاصل فى مجموعات ويوازي بعضها البعض عادة. وتحدث تشدخات من هذا النوع فى الصخور النارية نتيجة الانكماش بسبب البرودة، ويشيع وجودها فى بعض الجدد القاطعة والجدد الأفقية sills. وتنتج المفاصل أيضا بسبب

الشد tension والتضاغط compres-
sion، حينما تتعرض الصخور للإجهاد
والاعوجاج والطي والتصدع.

وتتكون نظم (أطقم) المفاصل
حينما تتقاطع مجموعتان أو أكثر من
المفاصل. وتفيد هذه النماذج من
المفاصل المتقاطعة فى العمليات الخاصة
بالمحاجر وفى زيادة المسامية فى
الصخور غير المنفذة؛ كذلك تساعد
المفاصل على تسهيل عملية التجوية
والتحات، حيث تساعد على جعل
الصخر أكثر قابلية للتأثر بالأمطار
والصقيع والمياه الجارية.

الصنوع Faults

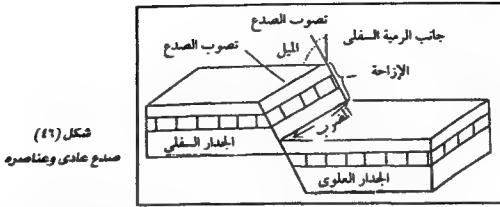


شكل (٤٥)

مفاصل رأسية فى الحجر الجيرى

هذه تشدوخ (شقوق) فى القشرة
الأرضية تحدث إزاحة للصخور على
امتدادها. (شكل ٤٦) وتتحرك الصخور

المتأثرة بالتصدع على طول مستوى الصدع. وإذا كانت إزاحة القشرة رأسية، فإن
الصخور الموجودة على أحد جانبي الصدع قد تصبح أعلى من تلك الصخور
الموجودة على الجانب الآخر منه. وهذه العملية تؤدي إلى تكون جرف cliff يسمى
أحدور صدع fault scarp. وإذا كان الصدع من هذا النوع وعلى مقياس كبير فقد
يؤدى إلى تكوين جبال الصدوع الكتلية fault-mountains. ويوضح (شكل ٤٦)
المصطلحات المستخدمة فى وصف الصدع. و يسمى سطح الصخر الذى يحد
الجانب السفلى لمستوى صدع مائل باسم الجدار السفلى footwall، ويسمى السطح
الذى يعلوه باسم الجدار المعلق hanging wall. ومضرب الصدع هو الاتجاه الأفقى
لمستوى الصدع، ويقدر الميل بقياس ميل مستوى الصدع فى اتجاه عمودى على



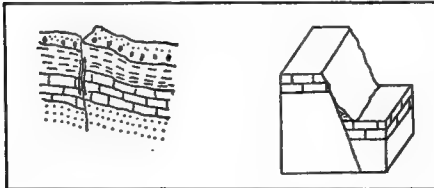
شكل (٤٦)

صدع عادي وعناصره

المضرب. ومهوى الصدع Hade هو أقصى ميل لمستوى الصدع بالنسبة للاتجاه الرأسى (وبالتالى فهو المكمل لزاوية الميل). وإزاحة الصدع displacement هى مقدار الحركة التى حدثت على طول مستوى الصدع. وتؤدى الإزاحة إلى وجود جانب الرمية السفلية وجانب الرمية العلوية. وهذه المصطلحات نسبية تماماً، حيث إنه لا يكون من الممكن دائماً معرفة الطريقة التى تحرك بها الصدع. وتصنف أنواع الصدوع العديدة على أساس اتجاه الصخور على امتداد مستوى الصدع وحركتها النسبية.

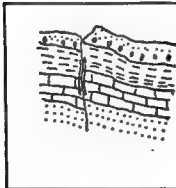
فالصدع العادى أو صدع الجاذبية هو الصدع الذى يكون فيه الجدار المعلق قد تحرك إلى أسفل بالنسبة للجدار السفلى (شكل ٤٧).

وإذا كان الجدار المعلق قد تحرك إلى أعلى بالنسبة للجدار السفلى، فيسمى الصدع عندئذ بالصدع المعكوس thrust. (شكل ٤٨).



شكل (٤٧)

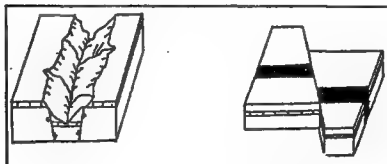
صدع عادى أو صدع الجاذبية



شكل (٤٨)

صدع معكوس

وهناك صدع المضرب المتزلق strike-slip الذى ينشأ عندما تكون الحركة الأفقية السائدة موازية لمستوى الصدع (شكل ٤٩) وفي بعض المناطق، قد يحدث سقوط لكثلة طويلة ضيقة بين صدوع عادية فتؤدى إلى تكوّن أخدود graben (شكل ٥٠). وإذا كان الأخدود على مقياس كبير فيسمى وادى الخف rift valley.

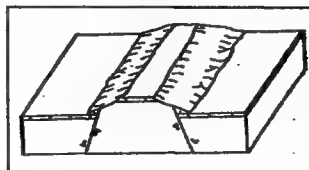


شكل (٥٠)
صدع خفسى

شكل (٤٩)
صدع تزيح المضرب

وهناك مثالان من الأخاديد هما وادى الراين العلوى Upper Rhine Valley والمنخفض المحتوى على البحر الميت Dead Sea. وفي بعض الأحيان قد ترتفع كتل بين صدوع عادية، وتسمى هذه الكتل التى ارتفعت باسم التقق Horst (شكل ٥١).

ومن أمثلة ذلك، نتق منطقة فوسجي Vosges فى فرنسا، والغابة السوداء Black Forest فى ألمانيا وكذلك غابة تشارن وود Chamwood Forest فى ليسسترشاير Leicestershire بإنجلترا حيث تظهر كتلة من صخور ما قبل الكامبرى من خلال الصخور الأحدث منها.



شكل (٥١)
صدع يارز

٦- أدلة التحركات القشرية Evidences of Crustal Movements

تبدى صخور القشرة الأرضية كثيرا من الشواهد التي توضح أن كثيرا من الحركات التكتونية حدثت في الماضي الجيولوجي. وعلى سبيل المثال، فنحن نعلم أن بقايا متحفرة لنباتات وحيوانات بحرية وجدت فوق مستوى سطح البحر بآلاف الأقدام. وما هو شائع أيضا، شواطئ الرفع elevated beaches والوديان الساحلية coastal plains، والجروف المقطوعة بالموج wave-cut cliffs، والكهوف البحرية. ومثل هذه المعالم تدل بشدة على هبوط مستوى البحر أو على ارتفاع قارى uplift of the continent، ومن الممكن حدوث كليهما. وبالمثل، فإن وجود وديان الأنهار المغمورة بالماء drown rivers valleys يدل إما على ارتفاع منسوب البحر أو / و هبوط في الكتلة القارية. كذلك فإن حدوث الزلازل يؤخذ دليلا على حركات متشابهة تحدث في أيامنا هذه. ويوجد مثال طيب في منطقة خليج ياكوتات في الأسكا Yakutat Bay، ففي عام ١٨٩٩ م أدت عملية التصدع التي حدثت هناك إلى ارتفاع بعض أجزاء من الساحل لأكثر من ٤٧ قدما. وبالمثل، ففي خلال الزلزال الذي ضرب سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦، حدثت إزاحة أفقية على طول مستوى الصدع، مما أدى إلى تغير مكان بعض الأسوار Fences والطرق لمسافة ٢٠ قدما تقريبا.

وبالرغم من أن بريطانيا لا تعد من أماكن أحزمة الزلازل، إلا أنه منذ سنوات قليلة مضت، حدثت بعض الهزات الضعيفة في القتال الإنجليزي، نتج عنها تحطيم النوافذ في بورتسموث Portsmouth، ولوحظت كذلك ذبذبات ضعيفة داخل الجزيرة البريطانية امتد أثرها لمسافة ٢٠ ميلا إلى الداخل.

وتوجد الآن أجهزة سيزموجراف نصب فوق سطح القمر لقياس الزلازل القمرية التي تحدث على القمر.

٧- أسباب الحركات القشرية Causes of Crustal Movements

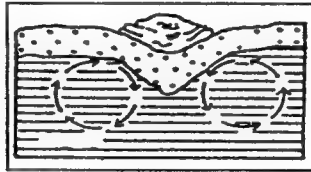
بالرغم من وجود أربع نظريات لتفسير أسباب حدوث الحركات التكتونية، إلا أنه يجب أن نضع في اعتبارنا أن الجيولوجيين، لم يتفقوا على السبب الصحيح في كل نظرية، وقد يكون ذلك راجعا إلى أن الحركة التكتونية في منطقة ما قد نشأت عن سببين أو أكثر، وربما يكون نتيجة لسبب آخر غير معلوم.

أ- نظرية الانكماش Contraction Theory

طبقا لهذه النظرية، فإن الصخور الخارجية للقشرة الأرضية، تتجعد -Crum-pled نتيجة لبرودة الجزء الداخلى من الأرض ومن ثم انكماشه. وقد ينشأ الانكماش نتيجة للضغط الهائلة التى تؤثر فى الأرض وكأنها تعصرها مما يقلص من حجم الأرض وبالتالي يؤدي إلى انكماشها. . أو قد يكون السبب هو الصخور النابطة extrusive التى تخرج إلى سطح الأرض.

ب- نظرية العمل الحرارى Convection Theory

تقترح هذه النظرية أن تيارات الحمل فى الصخور المنصهرة تحت سطح القشرة الأرضية، تسبب فى تمدد الصخور الصلبة قرب سطح الأرض واندفاعها إلى أعلى. وتنشأ الحرارة اللازمة لإحداث تيارات الحمل من الاضمحلال الإشعاعى radioactive decay للعناصر مثل اليورانيوم. وطبقا لهذه النظرية، فإن تيارات الحمل الدوارة circulating ينشأ عنها سحب احتكاكى frictional drag تحت سطح القشرة، وبالتالي تنشأ عنه إزاحة قشرية crustal displacement (شكل ٥٢).



شكل (٥٢)

تيارات الحمل فى الوشاح الصخري (بالأسهم)
وعلاقتها بالقشرة الأرضية

ج- نظرية الانجراف القارى Continental Drift Theory

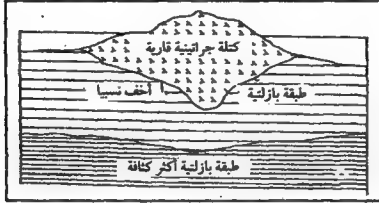
تفترض هذه النظرية أنه كانت هناك أصلا قارة واحدة هائلة، ثم تكسرت هذه القارة إلى أجزاء عديدة انجرفت بعيدا بعضها عن البعض. وكان هذا الانجراف

أو «الطفو floating» ممكنا، حيث إن القارات تتكون إلى حد كبير من الجرانيت وكثافته أقل من كثافة المواد البازلتية التي توجد أسفل الجرانيت. ومع تحرك مقدمة الكتلة البرية المنجرفة إلى الأمام، يحدث سحب احتكاكي للمواد التي تحت القشرة ويؤدي ذلك إلى تجمع الحافات القارية فتكونت بذلك سلاسل الجبال الساحلية المطوية لأوروبا وأميركا الشمالية وأميركا الجنوبية. وإذا نظرنا إلى نموذج الكرة الأرضية، فإننا سوف نرى كيف نشأت هذه الفكرة، وسوف نلاحظ أن خطوط الساحل على كل من جانبي المحيط الأطلنطي تتشابه جيدا بشكل مثير للدهشة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن بعض أحزمة الجبال الأقدم في أميركا، تظهر وكأنها استمرار لأحزمة جبال شبيهة بها في القارات الشرقية. وهناك أدلة أكثر لتوضيح هذه النظرية من حقائق اكتشفت أخيرا (في خريف ١٩٦٩) في القارة القطبية الجنوبية Antarctica حيث وجدت بقايا حيوان برمائي من الدور الجوراسي لم يوجد سابقا إلا في أميركا وأفريقيا. ويعتقد أن هذا المخلوق قد دخل إلى المنطقة حينما كانت الكتل البرية متصلة. ولو كان الأمر كذلك، فإن عملية انفصال القارات لا بد وأن تكون قد حدثت في الدور الجوراسي أو بعده. وهناك أدلة أخرى تعضد نظرية الانجراف القاري، مثل تطور القروء في أماكن مختلفة من العالم.

د- توازن القشرة الأرضية Isostasy

تنص نظرية توازن القشرة الأرضية على أنه عند عمق معين من الأرض، تكون أجزاء مختلفة من القشرة في حالة توازن مع أجزاء أخرى غير مساوية لها في السمك (الثخانة). وتفسر الاختلافات في الارتفاع لهذه الأجزاء القشرية بأنه نتيجة للاختلافات في كثافتها. وتبعاً لذلك، فإن القارات والمناطق الجبلية تكون عالية لأنها تتكون من صخور أخف، وأحواض المحيطات تكون أكثر انخفاضاً. لأنها تتكون من صخور أعلى كثافة (أثقل) (شكل ٥٣). وعندما يحدث ثحات للقارات وتتراكم الرواسب في المحيطات، فإن قاع المحيط ينخفض بسبب الوزن المضاف من الرواسب المتراكمة. وهذا يسبب إزاحة الصخور تحت القشرية اللدنة، والتي تدفع القارات إلى أعلى. وتساعد عمليات الثحات التي تزيل المواد الصخرية على عملية إزاحة القارات إلى أعلى، وبالتالي تجعل القارات أخف ولها قابلية أكثر لعمليات الرفع إلى أعلى. ونظراً لأن عمليات الضبط الأيزوستاتيكي

Isostatic Adjustment تكون أساسا راسية في طبيعتها، فإن هذه النظرية لا تفسر تأثير قوى التضغوط الأفقية. ومع ذلك فإن نظرية توازن القشرة الأرضية تعطي بعض التفسيرات لعدم تكون سطح مستوي دائم لوجه الأرض كنتيجة لتحات القارات وما يتبع ذلك من ترسيب في أحواض المحيطات.



شكل (٥٣)

صخور جرانيتية قارية خفيفة نسبياً تتركز على
صخور بازلتية أعلى كثافة

ومن الجدير بالذكر أن عملية إعادة الضغط الأيزوستاتيكي readjustment isostatic الذي تبع نهاية العصر الجليدي، يعتقد أنها قد تكون السبب في عملية رفع اسكاندنافيا، ويتوقع أن تسبب هذه العملية في رفع المنطقة مشات عديدة أخرى من الأقدام قبل أن تعود إلى حالة التوازن.

وقد جرت مناقشات علمية كثيرة لبحث أصل فحم الأثراسيت، فبعض العلماء يضعونه ضمن الصخور الرسوبية، والبعض يصنفونه مع الصخور المتحولة، لكن لا يزال النقاش مستمرا والمسألة في حاجة إلى المزيد من البحث.

الفصل السادس

التجوية وتكوين التربة

WEATHERING AND SOIL FORMATION

تعد التجوية من أهم العمليات الجيولوجية التي تؤدي إلى تفكك الصخور على سطح الأرض بفعل عوامل فيزيقية أو كيميائية، كذلك تعد مصدراً لمعظم المواد التي تكون الصخور الرسوبية. وعملية التجوية مهمة أيضاً في تشكيل سطح الأرض، وهي المسئولة عن تكوين التربة. والكسار الصخرية التي تنتج عن عملية التجوية، قد تنقل من أماكنها بواسطة عمليات التحات. وباستمرار عمليات التجوية والتحات في عمليهما فإن ذلك يؤدي إلى بلى وتفكك صخور سطح الأرض. وفي هذا المجال لا بد أن نذكر فعل الماء والرياح والمسالج في عملية التعرية؛ وسوف نتناول ذلك بالدراسة في الفصلين السابع والثامن من هذا الكتاب.

١- التجوية الفيزيكية Physical Weathering

تحدث التجوية الفيزيكية أو الميكانيكية mechanical عندما تنفتت الصخور إلى كسر أصغر وأصغر دون أن يطرأ تغيير في تركيبها الكيميائي؛ ويعرف هذا النوع من التجوية باسم التفكك. وتنشأ التجوية نتيجة للعديد من العوامل الفيزيكية:

• فعل الصقيع Frost Action

عندما تتجمد المياه في شقوق الصخور وفي فجواته، فإنها تتمدد. وقد يصل الضغط الناشئ عن هذا التجمد إلى نحو ٢٠٠٠ رطل / البوصة المربعة.

وهناك نوعان لعملية التمدد هذه، هما: التجمد بالالدر (الحشر) frost - wedging، والتجمد بالانتفاخ frost - heaving. ويتج عن هذين النوعين من التمدد ضغط كاف لتفكك الصخور وتفتيتها. ففي النوع الأول (التجمد بالالدر) يكون الضغط موجها جانبيا، أما في النوع الثاني (التجمد بالانتفاخ) والذي يحدث عادة في الصخور غير المتصلبة، فإن الضغط الناشئ يكون اتجاهه إلى أعلى، مما قد يسبب دمارا في الأساسات والمنشآت. كذلك يتسبب فعل الصقيع وأثره في الصخور في تكوين الحطام على سفوح الجبال، مثل الموجود حول سنودون Snowdon بالإنجلترا. ويؤدي أثر الصقيع مع عوامل أخرى إلى تكوين الركام الصخري عند سفوح الجروف البحرية، ويعمل المد والجزر على إزالة هذا الركام مما يؤدي إلى تكوين الرصيف الموجى المقطوع wave-cut platform، مثل رصيف ستراندفلات Strandflat في النرويج.

• التسخين والتبريد المتبادل Alternate Heating And Cooling

في بعض المناطق، وبخاصة المناطق الجبلية والصحروات، تتعرض الصخور إلى تغيرات حرارية كبيرة ودائمة، نتيجة لانخفاض درجة الحرارة ليلا والتي قد تصل إلى درجة التجمد على قمم الجبال العالية؛ بينما تسخن الصخور أثناء النهار. وتكرر هذه العملية على مدى زمنى طويل، فيسبب التمدد والانكماش الصخري في تكوين شقوق صغيرة وفراغات تسمح لعوامل فيزيقية أو كيميائية أو حيوية أن تؤدي دورها في عملية التجوية؛ مثل فعل الصقيع frost action أو عمليات الذوبان. كذلك فإن الحرارة التي تنشأ عن حرائق الغابات والبرارى تساعد على التفكك الفيزيقي للصخور، وأيضا تسبب تقشر بعض الصخور، فيتج عنها أغلفة صخرية منحنية تنفصل عنها بفعل التغيرات الحرارية. وقد يتج عن ظاهرة تقشر الصخور أصوات حادة ناتجة عن انفلاقها، تسمع بوضوح بالليل كرد فعل للانفلاق. وعلى الرغم من المشاهدات التي أشرنا إليها بخصوص تأثير التسخين والتبريد المتبادل على تفكك الصخور، فإن علماء الجيولوجيا لا يزالون غير متأكدين من الدور الحقيقي الذي يلعبه الاختلاف في درجات الحرارة وأثره في تفتت الصخور.

• الأنشطة العضوية Organic Activities

تساعد النباتات والحيوانات على تفكك الصخور، كذلك فإن جنور الأشجار التي تنمو بوفرة في شقوق الصخور، يمكن أن تكون عوامل مساعدة في تفتيت الصخور، ويشبه دورها الدور الذي يلعبه الصقيع تماما. والحيوانات القارضة والحفارة مثل الفئران والديدان والنمل، لها القدرة على تفكيك الصخور ونقل فتاتها إلى سطح الأرض، مما يعرض سطوحا جديدة لعملية تجوية جديدة أخرى. ولا بد أيضا من الإشارة إلى أنشطة الإنسان، وما ينشأ عنها من تفتيت للصخور وذلك مثلما يحدث عند إنشاء الطرق واستغلال المناجم والمحاجر، وكذلك استعمال الأرض في أغراض الزراعة.

٢- التجوية الكيميائية Chemical Weathering

ينتج عن التجوية الكيميائية (التحلل decomposition) تغير في التركيب الكيميائي للمعادن الأصلية المكونة للصخر، فتتج معادن جديدة بدلا من تلك التي تعرضت للتجوية الكيميائية. كذلك فإن التجوية الفيزيكية تؤدي إلى تفكيك الصخر الأصلي وجعله في صورة غير متماسكة مما يساعد على إتمام التجوية الكيميائية. وبالرغم من أن التجوية الكيميائية تتم بطرق كثيرة، إلا أن أشهرها وأكثرها تأثيرا هي عمليات الأكسدة oxidation، والنموه hydration والكربنة carbonation، والذوبان solution.

• الأكسدة Oxidation

تحدث عملية الأكسدة عندما يتحد أكسجين الهواء مع المعدن لتكوين أكسيد. والمعادن والصخور المحتوية على مركبات الحديد هي الأكثر عرضة لعمليات الأكسدة والتحلل الكيميائي. وتؤدي أكسدة معادن الحديد إلى تكوين الصدأ Rust. وتغزى الألوان التي تتلون بها الصخور في الطبيعة إلى وجود معادن الحديد التي تلون الصخور والتربة بالألوان الصفراء والحمراء والبنية.

وتوجد مركبات معينة مثل البيريت FeS_2 ، تكون أحماضا عندما تتأكسد، وتهاجم الأحماض المكونة للصخور، مما يعمل على اكتمال عملية التحلل الكيميائي.

• التمهؤ Hydration

يقصد بعملية التمهؤ، اتحاد الماء بأية مادة أخرى. ويتعرض الكثير من المعادن والصخور لعملية التمهؤ فيؤدى ذلك إلى تكوّن مركبات جديدة وبخاصة السليكات المائية والهدروكسيدات. ومثال ذلك تكون معدن الجبس من معدن الأنهدريت وتفاعل معدن الهيماتيت مع الماء فيتكون الليمونيت limonite. وتؤدى عملية التمهؤ أيضا إلى تكوين معادن الصلصال من معادن الفلسبار. ويتج عن عملية التمهؤ (إضافة الماء) زيادة فى حجم الصخر وتمدده، وبهذا توجد أماكن ضعف جديدة فى الصخر، مما يعدّها لسرعة التأثر بالتجوية الفيزيكية.

• الكربنة Carbonation

يتحد غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود أساسا فى الجو والماء والتربة مع بعض معادن الصخور فيؤدى ذلك إلى تغيير جوهري فى تركيبها الكيميائى، فتتج مواد جديدة هى الكربونات carbonates والبيكربونات bicarbonates، بعضها قابل للذوبان فى الماء، مما يؤدى إلى إذالتها بعد ذوبانها فيتج عن ذلك فجوات وشقوق فى الصخور تساعد أيضا على نشاط عمليات التجوية.

ويعد حمض الكربونيك H_2CO_3 الذى يتج عن اتحاد غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2 مع الماء، عاملا مؤثرا فى ذوبان الحجر الجيري $CaCO_3$ وصخر الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$.

• الذوبان Solution

تقوم عملية الذوبان؛ وهى التى تتم بواسطة إذابة المعادن والصخور، بدور مهم فى التجوية الكيميائية. ومع أن الماء له دور مؤثر فى عملية الذوبان، إلا أن وجود حمض الكربونيك والأحماض الأخرى التى تتج عن تحلل أجسام الكائنات الحية أو نفاياتها، تعجلّ وتساعد فى إتمام عملية الذوبان. وتتم هذه العملية عن طريق الماء الذى يتغلغل فى الصخور، فيزيل مواد صخرية ومعادن وأجزاء من التربة عند نزّ seepage المياه إلى أسفل.

وتعرف التجوية بالذوبان solution weathering باسم الذوبان بالترشيح leaching، حيث تؤدي العملية إلى ذوبان المواد اللاصقة cementing materials في الصخور الرسوبية، فيؤدي ذلك إلى تفككها وتحجرتها. ومن أكثر أمثلة الصخور شيوعاً للتأثر بهذا النوع من التجوية هي الأحجار الجيرية. ويمثل التفتت jointing الذي يوجد بكثرة في الأحجار الجيرية نقط ضعف في الصخور مما يساعد على ذوبانها. وتعد المغارات، والحفر القدورية، والصواعد والهوابط stalactites and stalagmites أمثلة واضحة لهذا النوع من التجوية الكيميائية، ويمكن مشاهدتها في أماكن عديدة من بريطانيا مثل ووكي هول Wookey Hole وخانق شيدار Cheddar Gorge، وسمرست Somerset وكاستلون Castleton ودربي شير Derbyshire، ومالهام Malham، ويوركشير Yorkshire (شكل ٨٣) ويصاحب هذا النوع من التجوية فعل الأنهار الهدمي الذي سوف نتناوله بالدراسة في الفصل السابع من هذا الكتاب.

٣- معدلات التجوية Rates of Weathering

تعمل قوى التحات بصفة عامة، على إزالة الوشاح الصخري، أو الطبقة الوشاحية للصخور المفككة التي توجد أعلى طبقة الأساس الصخري. وتدهور طبقة الأساس الصخري الموجودة تحت الوشاح نتيجة لتعرضها لعوامل التجوية المتعددة والمتكررة. ويتوقف معدل تجوية الصخور على هذه العوامل إلى حد كبير، حيث إن تركيب الصخر والظروف الفيزيائية السائدة، كذلك الظروف المناخية وطوبوغرافيا المنطقة والملامح الفيزيائية والبنيات الموجودة، كلها تؤثر بشكل كبير على معدلات التجوية.

٤- تركيب الصخر Composition of the Rock

يعد التركيب الكيميائي والمعدني للصخر، عاملاً مهماً في تحديد مدى تأثر الصخر بعمليات التجوية، وبصفة عامة فإن الصخور النارية هي صخور مقاومة لعمليات التجوية الفيزيائية، لكنها تتأثر بالتجوية الكيميائية بدرجة أكبر.

والحجر الجيري وكثير من الصخور الرسوبية الأخرى مثل الدولوميت، تتأثر كثيراً بالتجوية الكيميائية وبخاصة عمليات الكربنة

carbonation والذوبان solution. وتعد طبيعة المادة اللاصقة التي تربط حبيبات الصخر بعضها ببعض عاملا مهما في هذا الأمر؛ فمثلا الحجر الرملي السيليسي silicious sandstone الذى تربط حبيباته بمادة السليكا، يكون أكثر مقاومة لعمليات التجوية من الحجر الرملي الجيري الذى تلتحم حبيباته بمادة الكالسيت. أما الصخور المتحولة وبخاصة صخر الكوارتزيت quartzite، فتعد من أشد الصخور مقاومة لمثل هذه العمليات.

• الأحوال الفيزيائية للصخر Physical Conditions of the Rock

تساعد الشقوق والفجوات والفراغات الموجودة فى الصخور على تسهيل وإتمام عمليات التجوية. كما أنها تساهم فى التعجيل بتفكك الصخور وتحطيمها. ويلاحظ أن سطوح الصخور الصلبة غير المتشققة تقاوم عمليات التجوية بدرجة كبيرة.

• الظروف المناخية Climatic Conditions

تم عمليات التجوية وبخاصة الكيميائية منها، بسرعة أكبر فى المناطق التى تتميز بمناخ دافئ رطب، حيث تساعد كثرة الأمطار المتساقطة على ذلك. أما فى المناطق المحافة الدافئة فإن التجوية الفيزيائية تكون لها السيادة، وتستمر فى عملها ببطء بالنسبة للتجوية الكيميائية. وينطبق الشيء نفسه على المناطق الشديدة البرودة.

• الطبوغرافيا Topography

تم عمليات التجوية بسرعة كبيرة فى المناطق التى تنحدر بشدة، حيث يتكون ركام السروح والحطام الصخرى، الذى يستقل من أماكنه بسرعة بسبب الانحدار، وهذا يؤدي إلى تعرض سطوح جديدة أخرى لعمليات التجوية. ومع زيادة الارتفاع تزداد كمية الأمطار وتنخفض درجات الحرارة، وهذا يساعد كثيرا على زيادة معدل عمليات التجوية.

• البنىات التركيبية Structures

فى أغلب الأحيان ، تؤدي عمليات التعرية إلى إزالة خنيرة (طية محدبة) بينما تبقى القعيرة (الطية المقعرة) فى مكانها كمعلم واضح. ومن المعلوم أن صخور

القمة فى الحناثر تحدث فيها عمليات شد، ومن ثم تكون أكثر عرضة لعوامل التجوية، بينما العكس هو الصحيح فى حالة القعائر.

ويمكن مشاهدة أمثلة من الطوبوغرافيا المقلوبة inverted topography فى مناطق «ويلد» Weald وكذلك فى «دفليز كيتشن» Devils Kitchen فى سنودونيا Snowdonia بالجزر البريطانية وهذه أنواع من التحات التمايزى differential erosion الذى سوف نتأوله بالدراسة فيما بعد.

٤- تأثيرات التجوية Effects of Weathering

حينما يتأثر الأساس الصخرى بعمليات التجوية الكيميائية والفيزيائية، فإن تغيرات خاصة تحدث، ونذكر منها:

أ- التجوية التمايزية Differential Weathering

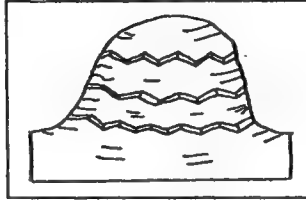
توجد أجزاء معينة فى الصخور المكشوفة، تكون أكثر استجابة لعمليات التجوية بدرجات متفاوتة، بحيث تكون هناك أجزاء من الصخر شديدة المقاومة فتظل ثابتة فى مكانها، بينما الأجزاء الأقل صلابة ومقاومة تستجيب بسهولة لعمليات التجوية وتتأثر بها ولذلك تظل من أماكنها.

هذا النوع من التجوية يسمى التجوية التمايزية differential weathering، وتحدث نتيجة للتباين فى التركيب المعدنى والبنيات التركيبية واختلاف المواد اللاحمة فى الصخور المختلفة، كذلك وجود الدرنات الصخرية concretions (انظر الفصل الرابع). وهناك كثير من المناظر الطبيعية الخلابة التى تكونت بفعل التجوية التمايزية.

ب- التقشر Exfoliation

تحدث عملية التقشر فى الصخور عندما تتفلق شرائح أو رقائق متموجة من أسطح هذه الصخور (شكل ٥٤) وتتباين الآراء حول السبب الحقيقى للتقشر، لكنه يبدو أن السبب قد يكون هو تبادل تسخين الصخر وتبريده بسبب الاختلافات فى درجة الحرارة بين النهار والليل. ونتيجة لتقشر الصخر، فإن كتلا منه تنفصل تاركة كتلا صخرية مكورة تعرف باسم قباب التقشر exfoliation domes. وتوجد

مثل هذه القباب فى أماكن مختلفة من العالم، مثل أفريقيا وأميركا الشمالية وأميركا الجنوبية.



شكل (٥٤)

قبة جرانيتية تكونت نتيجة للتقشر

ج- التجوية الكروانية Spheroidal Weathering

قد تستمر عملية التقشر تحت ظروف معينة، حتى إنها تؤثر فى الجلاميد وتقلل من حجمها لتصبح أجساما كروية الشكل تقريبا (شكل ٥٥) وتنتشر ظاهرة التجوية الكروانية فى الصخور النارية الدقيقة التحبب، كذلك قد تحدث فى تكاوين الطفلة الكتلية.

د- ركام السفوح Talus or Screes

ركام السفوح هو الحطام الصخرى الذى نتج عن تجوية الصخور وتراكمه على سفوح الجبال والجروف والمنحدرات (شكل ٥٦) وفى بعض الأحيان قد يصل



شكل (٥٦)

ركام السفوح المتكون من
تجوية الحطام الصخرى



شكل (٥٥)

جلمود تظهر فيه
عملية التجوية
الكروانية

سمك ركام السفوح المسمى صخور المنحدرات إلى مئات الأقدام. وعموما فإن ركام السفوح يتكون نتيجة لفعل الصقيع frost أو بفعل بعض عوامل التجوية الفيزيائية الأخرى وينحدر إلى أسفل المنحدرات بفعل عوامل الجاذبية.

5- التربة Soil

هى الناتج الرئيسى من عمليات التجوية، وتتكون من صخور الوشاح المفككة والمحطمة والتي طرأت عليها تغيرات كثيرة جعلتها صالحة لنمو النباتات. وتحتوى معظم أنواع التربة على كميات معينة من الدبال humus؛ وهو مواد عضوية دكنا تتج عن عملية تحلل المواد النباتية والحيوانية.

وهناك عناصر تحكم فى تكوين التربة وكذلك فى نوعها فى المناطق المختلفة، وهذه العناصر هى:

أ- تركيب الصخر الاصلى.

ب- المناخ .

ج- الطبوغرافيا .

د- عامل الزمن .

هـ- أنشطة النباتات والحيوانات.

وعند تصنيف التربة إلى أنواع، فإن هذه العناصر تؤخذ دائما فى الاعتبار، كما ستعرض له فيما بعد:

وتتكون التربة من أجزاء هى: التربة العلوية topsoil وتمثل بالسته أو بالثمان بوصات التى تعلو ما يعرف باسم تحت التربة subsoil وهى أكثر دموجا وأقل خصوبة وأخف من التربة العلوية. وقد تكون التربة متبقية residual، وهى التى يكون مصدرها الصخور التى تحتها، أو تكون التربة منقولة، وهذه هى التى نقلت من مكان آخر بعيد، بفعل عوامل نقل مثل الرياح أو المياه أو الجاذبية أو المالح؛ وتميز التربة المنقولة بأنها تحتوى على صخور تختلف تماما عما يوجد تحتها من الأساس الصخرى.

• جانبية التربة Soil Profile

يتميز كل نوع من أنواع التربة المختلفة بجانبية profile تميزه عن غيره . وتوجد لكل نمط من التربة ثلاثة نطاقات، كل نطاق منها يختلف عن الآخر الذي يعلوه أو يسفله . وعلى أساس طبيعة هذه النطاقات في التربة الناضجة أو المتطورة تصنف التربة إلى أنواع، نذكرها فيما يلي:

- النطاق أ A-Horizon

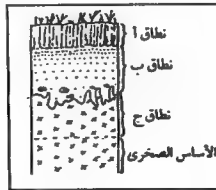
وهو أعلى نطاق في جانبية التربة ويوجد عند قمته، ويتكون أساسا من كميات مختلفة من الدبال وقد حدثت له عملية ترشيح وتصفية leaching في أثناء تكونه .

- النطاق ب B-Horizon

ويوجد أسفل النطاق أ، ويسمى «تحت التربة»، ويحتوى في المناطق المناخية الرطبة على كميات جمة من الصلصال وأكاسيد الحديد، وعلى كميات قليلة من المواد العضوية .

- النطاق ج C-Horizon

يتكون أساسا من الصخور الأصلية التي طرأ عليها تغير طفيف والتي تتدرج في تركيبها إلى أسفل حتى تماثل صخر الأساس bedrock (شكل ٥٧) .



شكل (٥٧)

جانبية التربة توضح نطاقات التربة المختلفة

٦- تصنيف التربة Classification of Soil

تصنف التربة إلى أنواع حسب الظروف المناخية السائدة التي تتكون فيها، وكذلك النباتات التي تصاحب هذه التربة.

البودسول Podsol

وهو نوع التربة العادى أو الشائع فى بريطانيا، ويمكن مشاهدته بوضوح فى أجزاء من سرى Surrey وفى هذا النوع يكون النطاق أ غنيا فى محتوى الدبال ثم يليه الطبقة المرشحة أو المصفأة leached، ثم النطاق ب B-horizon الذى يكون عادة ملونا بأكاسيد الحديد تكسب هذا النطاق ألوانا بديعة، وإلى أسفل توجد طبقة الأساس الصخرى، والنطاق ج الذى يكون مجوى جزئيا.

الأديم البنى Brown Earth

يوجد هذا النوع من التربة فى مناطق الغابات التي تتكون فيها طبقات سميكة من الدبال وتكون عمليات التصفية leaching محدودة. ويشيع وجود هذا النوع من التربة فى المناطق الجنوبية والشرقية من إنجلترا.

رندزيناس Rendzinas

ويوجد فى مناطق الحجر الجيري والطباشير، ويتكون من طبقة رقيقة من التربة، غالبا ما تكون حمضية وتتركز على الطباشير. وتتميز هذه التربة بوجود نوع مميز من الحشائش القصيرة.

تربة غير ناضجة Immature Soil

وهذه توجد فى المرتفعات البريطانية، وتمثل معظم التربة التي كانت موجودة قبل عصر الجليد والتي أزيلت بواسطة المثلج، ومنذ ذلك الوقت لم يمر عليها الوقت الكافى لتتحول إلى تربة ذات جانبية كاملة.

البدا الفرز Pedalfers والبيلوكال Pedocals واللاتيريت Laterites

توجد هذه الأنواع فى أماكن كثيرة من العالم. وتتميز تربة البدا الفرز بكثافة نباتية عالية وهى تميز المناخ الرطب المعتدل. أما البيلوكال فتتميز بمحتوى عال من كربونات الكالسيوم، وتوجد فى المناطق الخفيفة الأمطار ودرجات الحرارة العالية وتتميز بوجود الأعشاب والشجيرات. وتوجد تربة اللاتيريت فى المناطق الاستوائية الرطبة، وتتميز بالأدغال النباتية Jungle Vegetation.

الفصل السابع

العوامل الجيولوجية: المياه

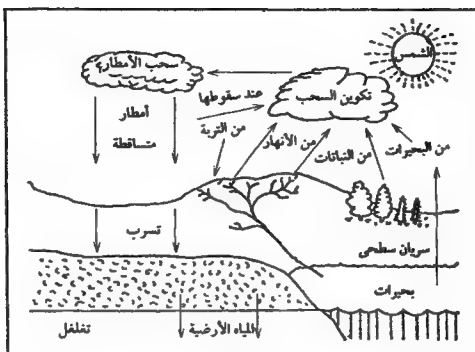
GEOLOGIC AGENTS: WATER

تعد المياه الجارية بلا شك أهم عامل من عوامل التحات. ومن المحتمل أنها تعمل على تحات الأرض أكثر من الذى تعمله عوامل التحات الأخرى مجتمعة. وتعمل الأنهار بصفة مستمرة على تغيير ملامح سطح الأرض وصياغة المعالم البرية الكبرى وتشكل الشكل المألوف لنا جميعا.

وتقدر كمية المياه المتساقطة على الكرة الأرضية فى كل عام بحوالى ٤٠٠ مليون طن من الماء. وبالرغم من أن معدل التساقط السنوى للمطر يختلف كثيرا من منطقة إلى أخرى، إلا أن معدل التساقط السنوى على الأرض قدر بأربعين بوصة. ومن هذه الكمية يصبح حوالى ٢٢٪ إلى ٣٠٪ مياهها جارية (وذلك هو الماء الذى يجرى على الأرض). ومعظم الأنهار السطحية تكونت من هذا الماء الجارى.

١-الدورة الهيدرولوجية The Hydrologic Cycle

حتى نفهم بالتفصيل أصل مياه الأنهار وتوزيعها النهائى، ستساعدنا كثيرا فى هذا الصدد بعض المعلومات عن الدورة الهيدرولوجية. وهى دورة مستمرة، حيث يتبخر فيها الماء من البحار ويحمل إلى الأرض حيث يتساقط أمطارا وثلوجا. وفى آخر الأمر، يعود مرة أخرى إلى البحر (انظر شكل ٥٨). ومعظم المياه الموجودة على سطح الأرض مصدرها من الغلاف الجوى كأمطار أو ثلوج. وفيما عدا النسبة المعينة ٢٢٪ - ٣٠٪ التى تحمل مرة أخرى إلى البحر كمياه جارية، فإن كثيرا من الماء يتسرب إلى باطن الأرض ويتغلغل عن طريق عملية الرشح ليصبح ماء أرضيا ground water ويعود الماء مرة أخرى إلى الغلاف الجوى نتيجة لعملية التبخر والتنفس (نتج النبات وإخراجه لبخار الماء).



شكل (٥٨)

الدورة الهيدرولوجية

وبالإضافة إلى الماء الذي يكون مصيره الجريان أو الرش أو التبخر، فإن بعض الماء يبقى على سطح الأرض لفترات طويلة على هيئة مثالج (انظر المثالج في الفصل الثامن).

٢- نماذج الصرف وأنماط الأنهار Drainage Patterns and River Types

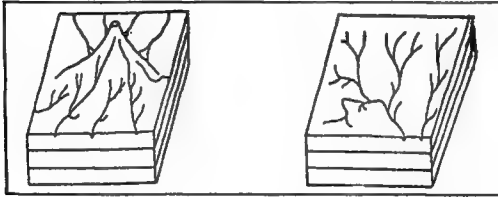
توجد أنماط عديدة من الأنهار تتردد في الحجم من الأنهار الكبيرة، الطينية، والبطيئة كالسيبي إلى الأنهار الصغيرة الراققة والنهيرات المتدفقة من الجبال. والأنهار التي تجري فقط خلال موسم الأمطار (أو خلال المواسم المطيرة) تسمى «المجاري المتقطعة intermittent streams». أما الأنهار الدائمة السريان فهي تلك التي نحرت واديها حتى اتصل بمنسوب الماء الأرضي ولذلك تسمى الأنهار الدائمة permanent streams.

نماذج الصرف Drainage Patterns

الحقيقتان المهمتان اللتان تحددان المسار الذي يسلكه النهر هما:

انحدار الأرض وطبيعة الصخور التي تسفل النهر. ومع اتخاذ الأنهار طرقها إلى البحر، فإنها وروافدها تشكلان نماذج مميزة. وتساعد دراسة نماذج صرف الأنهار الجيولوجيين على تفسير وتفهم بنات الصخور السفلية وكذلك التاريخ الجيولوجي للمنطقة.

ونظرا لأن روافد أى نهر تدخل إلى مساره الأصلي، فهي تشبه أفرع الشجرة ولذلك يقال عنها شجيرية dendritic وهذا ينطبق على معظم نماذج الصرف (شكل ٥٩). وهذا النموذج الشجيري يميز المناطق التي توجد تحتها صخور رسوبية مسطحة أو صخور نارية كلية أو صخور متحولة. ويتكون النمط الشعاعي radial pattern حينما تتشعب مجارى الصرف فى كل الاتجاهات من منطقة مركزية مثل قمة جبل مثلا (شكل ٦٠). وحينما تتصل الروافد بنهر كبير وتعتمد عليه فيسمى النموذج بالتمريشة (نمط شبكى) trellis (شكل ٦١).



شكل (٦٠)

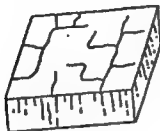
نمط صرف شعاعي

شكل (٥٩)

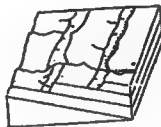
نمط صرف شجيري

وهذا النموذج يمثل بوضوح فى المناطق التي تتميز صخورها بطبقات مائلة ومكاشف ذات درجات مقاومة مختلفة. ففي مثل هذه المناطق تتكون الوديان على طول مكاشف الصخور الضعيفة، بينما تقف الطبقات الأكثر مقاومة على هيئة مقاسم مياه divides.

وهناك نموذج الصرف المستطيل rectangular pattern (شكل ٦٢) الذي يتكون في المناطق التي تكون فيها طبقات الأساس الصخرى السفلية مشققة بدرجة كبيرة، ويتشابه هذا النموذج مع نموذج التعريشة trellis (قارن بين شكلَي ٦١ و ٦٢).



شكل (٦٢)
نمط صرف مستطيل



شكل (٦١)
نمط صرف يشبه التعريشة

أنماط النهر River Types

يصنف النهر على أساس العلاقة بين مجراه والصخور التي توجد في أسفل المجرى، فالنهر الانحداري consequent هو الذي يتبع اتجاه جريانه الانحدار الأصلي للأرض. ويتكون هذا النمط من الأنهار في المناطق ذات التضاريس المنخفضة مثل الوديان الساحلية. والنهر اللاحق subsequent هو النهر الذي تغير اتجاه جريانه نتيجة لعملية الطي أو التشقق أو بسبب الاختلافات في صلابة الصخور التي تسفله. وعادة تتبع روافد هذا النوع من الأنهار طبقات الصخور الرخوة soft rocks مثل الطفلة. ومن ناحية أخرى فإن النهر السالف antecedent هو الذي يتبع مجراه الأصلي بالرغم من حدوث أية عمليات رفع تنشط على طول مجراه (الأنهار اللاحقة subsequent ترى عادة كروافد للأنهار السالفة antecedent في نموذج التعريشة trellis في نماذج الصرف - انظر شكل ٦١).

والأنهار الراكبة superimposed هي تلك الأنهار التي نحتت مجاريها في الصخور الرخوة التي تعلو الطبقات التي نشأت منها، ثم وضعت نفسها فوق الصخور الأقدم منها التي توجد أسفلها. ويكون للصخور التي توجد أسفل الأنهار الراكبة تركيب مختلف وكذلك بنيات مختلفة عن تلك الصخور التي ظهر فيها المجرى الأصلي.

٢- عمل الأنهار The Work of Rivers

على وجه العموم، يظهر عمل المياه الجارية ويبدأ مع الأمطار، فكثير من هذا العمل يبدأ مع الجريان. وقد تبدأ المياه عملها كما كانت صفحة من الماء sheet of water، لكنها سرعان ما تتحول إلى نهر. وتزداد كمية الماء الجارى فى منطقة ما، نتيجة لعوامل عدة منها:

- أ- الانحدار الشديد.
- ب- درجة النفاذية الضعيفة للمواد الصخرية السطحية.
- ج- غياب النباتات.
- د- شدة الأمطار واستمراريتها وما إذا كانت الأمطار لفترة قصيرة أو كانت الأمطار غزيرة، أو خفيفة لكنها تمتد لفترة طويلة.

٤- تحات النهر River Erosion

يحدث تحات النهر بواسطة عمليات عديدة، يتعاون معظمها بعضه مع بعض وهناك عوامل مختلفة تشكل فى النهاية درجة ونوع التحات الذى سيحدث فى نهر ما، مثال ذلك:

• السحج (البرى) Abrasion or Corrasion

تعتمد قدرة النهر على السحج أو التحات الطبيعى على حمولة النهر (كمية المواد التى يحملها النهر فى وقت معين). فكل حبة رمل أو حصاة أو جلود تعمل كأداة قاطعة وقادرة على تعميق وتوسيع مهد النهر، وتعرف هذه العملية أيضا باسم التحات الميكانيكى للنهر. وتحدث عملية السحج حينما تحتك جسيمات الصخر ببعضها ببعض أو تحتك بالطبقات الصخرية للمجرى عندما تحملها مياه النهر. وبالإضافة إلى ذلك، فقد يحدث حت أكثر وطأة عندما تصطدم الكسر الصخرية بالاساس الصخرى أو ببعضها البعض.

ويكون للسحج تأثير ملموس إذا كانت الأنهار تجري بسرعة كبيرة، وحمولة النهر ثقيلة، ويتحرك كثير من الحطام الصخرى حركة دوارة على قاع المجرى. ويمكن مشاهدة التأثيرات التى يحدثها هذا النوع من التحات فى الجلاميد أو الحصى الاملس التام الاستدارة، وكذلك فى صفات الأنهار المقوسة من أسفل undercut على طول جوانب الأنهار.

• التآكل أو الذوبان Corrosion or Solution

للمياه الجارية أثر تآكلى أو إذابى للصخور التى تنساب فوقها ويحدث هذا النوع من التحات النهري فى المياه التى تحتوى على حمض الكربونيك (يتكون بفعل

النباتات والهواء) الذى يذيب المعادن الموجودة فى طبقات قاع النهر، ومن أشهر هذه الصخور القابلة للذوبان نسيما، الحجر الجيري والجبس والدولوميت وهى التى تتأثر إلى حد ما بالتأثير الإذابى لمياه النهر.

• الفعل الهيدروليكي الاقتلاعى Hydraulic Plucking or Quarrying

حينما تكون طبقات قاع المجرى مستشقة بدرجة كبيرة أو تكون درجة التحامها ضعيفة، فإن الفعل الاقتلاعى للنهر يكون مؤثرا فى مثل هذه المناطق، وحينما تكون التيارات المائية قوية، فإنها قد تدفع الماء فى مناطق الكسر على طول مجرى النهر، وبالتالي يمكن أن تزال المواد الصخرية من جوانب المجرى أو الطبقات الصخرية لقاع النهر.

• التليى الاحتكاكى Attrition

تحتك الجلاميد والكسر الصخرية بعضها مع بعض ومع جوانب النهر وتُحمل وتُدار فى مياه النهر وتفتت وتقل أحجامها، وعندئذ فإن الكسر الصغيرة الناتجة عن هذه العملية تحمل بعيدا وتقل بسهولة كبيرة إلى أماكن أخرى.

5- معدل التآكل Rate Of Erosion

يعتمد معدل التآكل الناتج عن المياه الجارية على العوامل الآتية:

• حجم المجرى Stream Size

كلما زاد حجم الماء فى المجرى، ازدادت قدرته على حمل حمولة أكبر وبالتالي ازدادت قدرة النهر على التآكل، وعلى هذا فإن التآكل يبلغ مداه عندما تكون الأنهار فى وقت الفيضان، وتحمل معها كمية كبيرة من المواد.

• الميل والسرعة Gradient and Velocity

يقصد بالميل الانحدار الذى يسلكه النهر لأسفل ويكون عمال النهر مرتفعا عند المنبع وينخفض نسيما عند فم النهر (المصب). وتزداد سرعة جريان الماء فى المجرى، إذا كان المجرى مستقيما وبه كمية كبيرة من المياه وضيقا وخاليا نسيما من العوائق.

• طبيعة الحمولة Nature of the Load

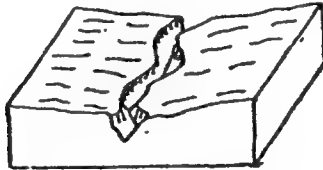
الأنهار التى تتبع طبقاتها مجرى ضيقا ومستقيما تتحات بشدة، إذا قورنت بالأنهار ذات المنعطفات النهرية meanders. والأنهار التى توجد فيها عوائق كثيرة مثل النباتات والجلاميد وغيرها من العوائق تقل سرعتها وكذلك قدرتها على الحمل.

٦- العمل التحاتى للنهر Effect of River Erosion

بعد عمل النهر التحاتى هو المسئول عن ظواهر جيولوجية عديدة ومهمة؛ من بين هذه الظواهر الأخاديد الطبيعية، والوديان المقطوعة، ومساقط المياه، والمسارع، والأسر النهرى، والمنعطفات النهرية، والبحيرات القوسية.

• وديان الأخاديد النهرية والأخاديد الطبيعية Stream- Cut Valleys and Gullies

تتحرك المياه الجارية فوق سطح الأرض وتقطع منخفضا أو مجرى يصبح فى النهاية واديا. وتبدأ معظم الوديان بأخاديد نهرية تزداد عرضا وعمقا وطولا مع كل مطر. ويزداد طول الأخاديد بالتحات العكسى headward «فى عكس اتجاه جريان الماء» عند النقطة التى ينمأ فيها الماء فى الجزء الأعلى من النهر. وعندما تستمر عمليات التحات تتكون الوديان السباعوية V-shaped valleys والى تزداد عمقا بتحات طبقات قاع النهر وتزداد عرضا بتحات الضفاف. (شكل ٦٣) وقد يستمر التحات حتى يصل المجرى إلى المستوى القاعدى base-level، وهو المستوى الذى ينعدم عنده المال ويتوقف الجريان.



شكل (٦٣)

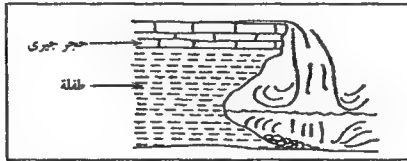
وادي سباعوي تتكون من التحات النهرى

ويعتمد تقدم الوادى فى تطوره على:

- أ- حجم المياه المتدفقة .
 - ب- سرعة المياه .
 - ج- طبيعة الحمولة النهرية .
 - د- درجة مقاومة صخور قاع المجرى .
- وفى بعض الأحيان تتعمق بعض الوديان بسرعة أكبر من سرعة اتساع عرضها . وتسمى مثل هذه الوديان المسيل أو الخائق أو الأخدود .

المسارع ومساقط المياه Rapids and Waterfalls

حينما تحدث زيادة مفاجئة فى مال النهر، فإن حركة الماء تزداد سرعتها وبذلك تتكون المسارع rapids. وتتكون مساقط المياه (شكل ٦٤) حينما يحدث هبوط رأسى أو شبه رأسى مفاجئ فى مهد النهر . وهناك أمثلة عديدة من مساقط المياه مثل مساقط نياجرا بأميركا الشمالية، حيث يمر النهر من صخور صلبة إلى صخور رخوة نسبيا، ويمر النهر فوق جرف تعلوه صخور الحجر الجيري الصلبة وتسقط المياه على مواد صخرية أقل صلابة . والقوة المتابعة للمياه المتلاطمة التى تسقط عند قاعدة الجرف تنحرف فى صخور الطفلة التى توجد فى قاع الجرف فتقوض الحجر الجيري وتؤدى إلى تحطمه . ويتكرر هذا فيدفع بعملية النحر والتقويض نحو عالية النهر . وتبدو مساقط المياه فى نياجرا نتيجة لذلك، كذلك فإنها تتقهقر بمعدل أربعة إلى خمسة أقدام فى العام . وأكبر مساقط المياه فى إنجلترا هى هادروفورس Hadrow Force فى ونسليدال Wensleydale (يوركشير)، وهى من نوع مساقط نياجرا . وقد رجعت القهقري خلال خائق بطول ربع ميل فى تتابع



شكل (٦٤)

مقطع مستعرض لسقوط مياه

(لاحظ صخور الحجر الجبرى الصلبة التى تعلو المسقط)

من طبقات يوريدال Yoredale. وخلف مساقط المياه هناك يمكن مشاهدة طبقات الطفلة الرخوة وقد بليت وقوضت الصخور الأكثر صلابة التي تعلوها. وقد تتكون بعض مساقط المياه عندما تعبر الأنهار فوق متدخلات نارية، غالبا ما تكون أكثر صلابة، وبالتالي تكون أكثر مقاومة من صخر المنطقة. وهناك مساقط مياه تسبب في تكونها جلة قاطعة باسم وين سيل في إنجلترا Whin Sill كذلك فإن مساقط مياه فيكتوريا في روديسيا تندفع فوق هضبة كبيرة تتكون من البازلت لتسقط لمسافة ٤٠٠ قدم في قاع الحائق.

وهناك مساقط مياه أخرى مثل الموجودة في المتنزه القومي يوسميت Yosemite National Park، وهي المثال الكلاسيكي لمساقط المياه وقد تكونت هذه المساقط عند دخول الوديان المعلقة إلى الودى الرئيسى (انظر الفصل الثامن). ويعرف زوار سويسرا أحسن مثال للمساقط المائية في أوروبا، والذي يوجد بين إنترلاكن Interlaken وجنغفراو Jungfrau. وهناك أمثلة أخرى توجد في بريطانيا في المناطق الثلجية في سنودونيا Snowdonia ومنطقة البحيرات Lake District وغرب اسكتلندا. وتمثل المسارع والجنادل والشلالات بقايا مساقط المياه القديمة، التي تفتقرت وأصبحت أقل ارتفاعا مع مرور الزمن.

• الحفر القدرية Pot - Holes

تتكون الدوامات المائية في مياه الأنهار السريعة فتدفع التيارات الدوامية الماء وما به من حمولة من الرمال والجروال في حركة دورانية rotary فتدور القطع الصخرية المحمولة في حركة طاحنة تحفر في قاع النهر حفرا دائرية ضحلة تسمى الحفر القدرية، يتردد قسطن الواحد منها من بوصات عديدة إلى أكثر من ٢٠ قدما.

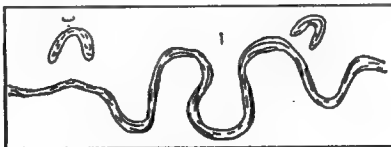
• القرصنة النهرية (الأسر النهرى) River Capture

في بعض الأحيان قد يكون النهر جادا في عملية التحات النهرى في اتجاه المنبع، فينقاطع معه نهر آخر ويضمه إلى مجراه. وتسمى هذه الظاهرة باسم الأسر النهرى، وتنتج نتيجة للتباين في معدل التحات النهرى للنهرين. ويذكر أن نهر أوس Ouse في يوركشير أوقع في أسرهِ العديد من الأنهار. وتمعد ظاهرة القرصنة النهرية من صلاحيات أنماط الصرف في منطقة ويلد بإنجلترا Weald

وكمثال، فإن نهر رذر Rother الذى ينساب على طول طبقات ساندجيت Sandgate هو أسير لنهر أرون Arun ويدخل إلى البحر عند لتل هامبتون Littlehampton.

• المنعطفات النهرية والبحيرات الهلالية Meanders and Ox-bow Lakes

حينما يسمح مال المجرى المائى بأن يكون هناك اتزان تقريبي بين كمية المواد التى يحتتها النهر وكمية المواد التى يرسبها، فإن النهر يسمى فى هذه الحالة بالنهر المتدرج graded stream. مثل هذا النهر يستنفد معظم طاقته فى حمل حمولته أكثر من استخدامها فى القطع والنحر إلى أسفل، ومع ذلك فقد يحدث تحت جانبيه lateral erosion أو نحر جانبي للصخور side cutting ويصبح قاع الوادى أكثر عرضا. ومع نمو الوادى، فإن مجرى النهر يحتل عادة جزءا صغيرا من أرضية الوادى. وهذا يسمح للنهر بأن يجعل مجراه ملتويا wandering ومنعطفا winding يتميز بوجود العديد من الالتواءات التى تشبه حرف (S) والتى تسمى بالمنعطفات النهرية meanders (شكل ٦٥ أ). وقد تنحني بعض المنعطفات بشدة لدرجة أن يصبح الفاصل بين نهايات المنعطف جزءا ضيقا من الأرض يشبه الرقبة. وفى أثناء زمن الفيضان قد يخترق النهر هذه «الرقبة» وبالتالي يعزل المنعطف عن باقى النهر. وإذا بقى الماء فى الجزء المعزول من المجرى، سمي هذا الجزء بحيرة هلالية ox-bow lake (شكل ٦٥ ب). مثال جيد للأنهار الانعطافية يمكن مشاهدته بالقرب من نيوهيفن New haven، فى سسكس Sussex بإنجلترا، وكذلك فإن نهر الأردن Jordan يعد مثالا آخر للأنهار الانعطافية البطيئة الحركة.



شكل (٦٥)

المنعطفات النهرية والبحيرات الهلالية

(أ) منعطف نهري.

(ب) بحيرة هلالية.

• الأنهار الجدولة Braided Streams

يتميز النهر الجدول بوجود سلسلة معقدة من الأفرع التي تتصل بعضها ببعض ثم تتفرق مرة أخرى وهكذا، وتمتلي هذه الشبكة من الأفرع بالعديد من الحواجز الرملية sand bars، وهي تجمعات رملية ترسبت من حمولة النهر الزائدة.

٧- الأنهار عامل للنقل Transportational Work of Rivers

النهر مثل كل عوامل التحات، يحمل معظم حمولته من المواد التي تكسرت من القشرة الأرضية. وفي كل عام تنفت كميات هائلة من الرواسب تقدر بألف مليون طن تحملها الأنهار لترسبها في البحار. هذه الكسارة الصخرية ستكون الصخور الرسوبية للتاريخ الجيولوجي الذي يلي ذلك الترسيب.

وتعتمد قدرة النهر على الحمل على سرعة وحجم الماء في المجرى. ونظرا لأن أية زيادة في حجم الماء تبتعها زيادة في سرعته، لذلك نجد أن قوة النهر على الحمل ترتبط أكثر بسرعته وتغيرها. ومن ثم تكون للأنهار - سعة نهريّة أكبر capacity (قدرتها على حمل أقصى كمية من الرواسب)، وكذلك تكون لها قدرة أكبر competency (القدرة على حمل الحجم الكبيرة من الصخور)، في فترات الفيضان. ويمكن مشاهدة الجلاميد الكبيرة والركام الصخري في أرضية نهر لين بإنجلترا River Lyn الذي ينساب بهدوء بين ووترز ميت Watersmeet ولين موث Lynmouth، حيث تلقى هناك نتيجة لكوارث الفيضانات التي حدثت في الماضي. وحمولة الأنهار قد تنقل حمولة عالقة أو حمولة ذائبة أو حمولة متدرجة على طول قاع المجرى المائي.

• الحمولة الذائبة Dissolved Load

تحمل المواد الذائبة في محاليل وهذا ما يسمى باسم الحمل غير المرئي invisible load، ويختلف طبقا للدرجة ذوبان الصخور المجرى التي يجري فيها النهر.

• الحملولة عالقة Suspended Load

معظم المواد التى تنقلها الأنهار تكون فى صورة عالقة بين القاع و سطح
المجرى، ومن أمثلة الرواسب التى تمثل هذا النمط الرمال والغرين والصلصال.

• حملولة القاع Bed Load

تنقل كميات كبيرة من كسر الصخور المقتة حملولة متدحرجة أو منزلقة على
طبقات قاع النهر. وقد تنقل الكسر الصخرية وتتحرك وكأنها تثب نتيجة لدفعها
بقوة التيار. وتنقل الكسر الصخرية بأية واحدة من الطرق التى ذكرت ويقال إنها
تحركت بفعل قوة السحب traction وكوّنت حملولة الأرضية أو القاع bed load.

• الترسيب Deposition

يرسب النهر حملوته التى يحملها عندما تقل سرعته وقدرته، بسبب عوامل
مثل:

- أ- نقص عمال المجرى.
- ب- نقصان حجم الماء.
- ج- نقصان سرعة الماء.
- د- وجود عوائق فى مجرى النهر.
- هـ- زيادة عرض وتوسيع طبقات المجرى.
- و- زيادة الحملولة النهرية.
- ز- التجمد.
- ح- دخول المجرى فى وسط مائى هادئ أو ذى سرعة أقل.

وتسمى المواد المترسبة بالمواد الطمية alluvium. وتحتوى المواد الطمية على
مواد فُرِزَت على أساس حجمها، وعليه، فإنها تترسب على شكل طبقات، إذ
ترسب المواد الأكثر غلظا عند قاع الطبقة. وبالإضافة إلى ذلك فإن المواد الطمية
تكون عادة من كسر صخرية استدارت وصارت ملساء بفعل عملية السحب النهرى
river abrasion.

• المراوح النهرية والقرىط الطمى Alluvial Fans and Alluvial Cones

الماواح النهرية (التلاع) هى رواسب مروحية الشكل ذات درجة ميل
متوسطة توجد عند أقدام الجبال (البطاح)، وتتميز بها المناطق شبه القاحلة.

وتتكون هذه التراكمات من الغرين والرمل والجروول والجلاميد التي ترسبت في نهر جبلي سريع السريان نقص عماله بدخوله أرضا مستوية لينساب عند قدم الجبل . وتسمى الرواسب ذات درجة الميل الشديدة المخاريط الطمية alluvial cones ويتراكم الحطام الصخري الذي جلبته الجاذبية على منحدرات المخاريط الطمية ليستقر على المنحدرات بزاوية ٤٠° تقريبا . بينما يستقر الحطام الصخري على منحدرات التلاع بزوايا أقل .

ويوجد في بعض المناطق في غرب الولايات المتحدة عدد من التلاع (المراوح النهرية) يتصل بعضها ببعض عند بطاح السلسلة الجبلية لتكون ما يسمى بطاح الوديان الطمية plains piedmont alluvial .

الدلتا Deltas

حينما يدخل النهر في جسم مائي كبير مثل بحر أو بحيرة ، فإن سرعته تقل بشكل فجائي ، فيرسب كثيرا من حمولته ؛ وتسمى الرواسب التي تتوضع تحت هذه الظروف باسم الدلتا . ودلتا نهر الميسيسيبي والتي تغطي مساحة تقدر بحوالي ١٢ ألف ميل مربع وكذلك دلتا النيل التي تغطي ١٠ آلاف ميل مربع ، هي مناطق خصبة لما تحتويه من رواسب طمية ، ولذلك فهي من المناطق المزروعة بكثافة كبيرة .

وحينما تكبر الدلتا وتوسع ، فإن النهر الرئيسي ينساب فوقها ليكون أفرع جديدة له distributaries . ولا توجد الدلتا في بريطانيا بكثرة ، لكنه يمكن مشاهدتها حينما ينساب نهر في بحيرة كما في مناطق البحيرات lake district . وفي الماضي لعبت الدلتا دورا مهما في تشكيل البنيات والتاريخ الجيولوجي في بريطانيا . كما في وصلة رواسب الدور الليفوني البحرية مع الحجر الرملي الأحمر القديم Old Red Sandstone في جنوب غرب بريطانيا . ولا تزال الدلتا الشائعة توجد في أجزاء أخرى من دول الكومنولث مثل الهند وباكستان ونيجيريا .

سهول الفيضان Flood Plains

تسمى أيضا سهول الأنهار أو مسطحات الوديان ، وتتكون عندما يطفح النهر فوق ضفته في وقت الفيضان نظرا لزيادة حجم الماء في المجرى . ويفقد النهر جزءا

كبيراً من سرعته عندما يتعدى حدود مجراه ويرسب جزءاً كبيراً من حملته على أرض الوادى. وكثير من الأنهار فى بريطانيا كونت سهولاً فيضانية عند الامتدادات السفلية منها lower reaches.

• الشرفات النهرية River Terraces

حينما تؤثر عوامل التحات على بقايا السهول الفيضانية فإنها تكون ما يسمى بالشرفات النهرية وهذه الشرفات تكون أعلى طوبوغرافياً من السهول الفيضانية المحيطة بها. وهناك شرفات نهريّة فوق السهول الفيضانية لنهر التيمز Thames عند مستويات واضحة تماماً.

• الضفاف الطبيعية Natural Levees

حينما ينساب النهر فوق ضفتيه ويتعداهما حتى يغطى سهل الفيضان، فإنه يفقد أقصى كمية من حملته على طول ضفاف المجرى وهنا ترسب الحمولة الأكثر غلظاً فى حجوم حبيباتها، وتؤدي هذه العملية إلى تكوين حيد Ridge أو جسر embankment يسمى ضفة طبيعية natural levee وقد ترتفع الضفة الطبيعية ٢٠ قدماً فوق مستوى السهل الفيضاني المحيط بها، فتكوّن سداً واقياً للأراضي المنخفضة خلال فصول الفيضان.

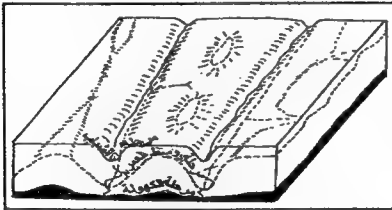
٩- دورات التحات Cycles of Erosion

يقول بعض الجيولوجيين إن التحات يحدث وفق دورة محددة، بالرغم من أنه يندر وجود مثال واحد يدل على دورة تحتية متكاملة. وفى بعض الأحيان، قد تتوقف دورة التحات إذا حدثت عملية استعادة الشباب أو التصابيى للأنهار Rejuvenation وتحدث هذه العملية عندما يصل مستوى التحات فى منطقة ما إلى المستوى القاعدى، ثم ترتفع المنطقة مرة أخرى ويزداد ميل النهر ويصجل عمليات التحات. وعلى وجه العموم فإن دورة التحات تبدأ بحت منطقة ما حتى تصل بها إلى المستوى القاعدى، ثم تتبعها عملية رفع جديدة، حينما يبدأ التحات من جديد.

وبالرغم من أن الجيولوجيين يختلفون على صحة هذا المفهوم إلا أنه، وبدون شك، قد زدونا بمعلومات كثيرة عن تطور كثير من الأصقاع. وفيما يلي مناقشة عن هذا المفهوم وكيف أمكن تطبيقه لمعرفة كيفية تكون وديان الأنهار والأشكال الإقليمية لمعالم سطح الأرض وتطورها.

١٠- دورة تعحات وادى النهر River- Valley Erosion Cycle

حينما ترفع القوى التكوينية منطقة ما فوق المستوى القاعدى، فإن النهر يواصل الحث ليصل بطبقة قاع الوادى إلى المستوى القاعدى مرة أخرى. ونتيجة لعملية التحات هذه تتكون السهوب peneplains وهى مناطق شاسعة ذات ارتفاعات وتضاريس منخفضة. وتظهر مثل هذه السهوب فى تحت حنيرة (طية) ويولد Weald anticlinorium المركبة حيث يوجد على سبيل المثال تسوية واضحة بمقدار ٢٠٠ قدم فوق منسوب سطح البحر. ومثل هذا النوع من التحات يعرف باسم دورة تعحات وادى النهر river - valley erosion cycle؛ وتحدث فى ثلاث مراحل محدّدة هى مراحل الشباب والنضوج والشيخوخة. ويوضح جدول رقم ٤ وشكل ٦٦ خصائص وملامح كل مرحلة فى دورة تعحات وادى النهر.



شكل (٦٦)
دورة تعحات وادى النهر

• مرحلة الشباب Youthful Stage

فى مرحلة الشباب، تكون الوديان عميقة وذات جوانب شديدة الانحدار ولها شكل سباعوى V-shaped، ولا تتكون فى هذه المرحلة السهول الفيضانية. والأنهار التى تحتل أودية فى مرحلة الشباب لا تزال فوق المستوى القاعدى ولا تزال

نشيطه فى حتها للصخور المكونه لقيعانها. وهذه تسمى الأنهار الشابة youthful streams، وتتميز بأن لها مجارى مستقيمة تقريبا، كما تتميز بوجود المسارع ومساقط المياه ويوجد عدد قليل من الروافد نسييا، وهذه الملامح توجد عادة بالقرب من منبع النهر.

• مرحلة النضوج Mature Stage

فى هذه المرحلة يعمق النهر من واديه وتقل درجة مماله، ولا توجد فيه مسارع أو مساقط مياه فى هذه المرحلة التى تتكون فيها أيضا المنعطفات النهرية. ويستدل على نضوج الوادى من الطبيعة المتبسطة لأرضيته ومن السهول الفيضانية الواضحة، ومن أحزمة المنعطفات النهرية العريضة (الواسعة) وما يصاحبها من بحيرات هلالية.

جدول رقم (٤): دورة تحلت وادى النهر

الجانبيه المستعرضه	مرحلة الشباب	مرحلة النضوج	مرحلة الشيخوخه
المال التحات	شديد وديان متممة	متوسط وديان متسعة ومتعمقة	بسيط - لطيف وديان متسعة
شكل المجرى	مستقيم	يبدأ فى الانعطاف	به منعطفات متسعة
قاع الوادى	توجد به سهول فيضانية صغيرة أو لا توجد	توجد سهول فيضانية واضحة	توجد سهول فيضانية متسعة
الروافد	عدد قليل وصغيرة الحجم	الحد الأقصى	قليلة العدد لكنها كبيرة الحجم
ملامح خاصة	وجود المسارع ومساقط المياه	وجود بعض البحيرات الهلالية	وجود الكثير من البحيرات الهلالية والاضفاف الطبيعية وسهول الفيضانات المستنقعية

• مرحلة الشيخوخة Old-age Stage

تستمر عملية التحات في هذه المرحلة لستج عنها وديان متسعة جدا وضحلة وتتميز بسهول الفيضان ورواسبها الممتدة وكذلك بالعديد من البحيرات الهلالية. مثل هذه الوديان والأنهار المنشئة لها يقال إنها في مرحلة الشيخوخة (old-age) وعادة ما تكون الأنهار التي بلغت مرحلة الشيخوخة بطيئة الحركة أو راكدة، ولها ممال بسيطة، وتتميز مجاريها بالمنعطفات الكثيرة والبحيرات الهلالية والضفاف الطبيعية.

• انقطاع دورة وادي النهر Interruption of the River - Valley Cycle

ذكرنا سابقا أن دورة تكوّن الوادي قد تنقطع نتيجة لعملية التصابي، وحينما يحدث ذلك، فإن النهر يستمر في عملية التحات إلى أسفل نتيجة لزيادة ماله، مما يؤدي إلى تكوّن سلسلة من الشرفات السلمية step-like terraces، كذلك قد تؤدي عملية استعادة الشباب (التصابي) إلى تكوّن المنعطفات النهرية المخندقة entrenched، وهذه تتكوّن عندما يستمر النهر الانعطافى المرفوع uplifted meandering stream في اتباع مساره المتوى الاصلى ناحرا الصخور التي تحته بشدة.

١١- دورة التحات الإقليمية Regional Erosional Cycle

تتأثر الأراضي المرتفعة الموجودة بين الأنهار بدورات التحات. لكن دورة الوادي لن تتقدم على أى حال بنفس المعدل الذى تتقدم به دورة الأراضي المرتفعة. ولذلك فلا بد من دراسة كل دورة على حدة. وتتميز الدورة الإقليمية بمراحل الشباب والنضوج والشيخوخة المعروفة (انظر جدول ٥).

• مرحلة الشباب Youthful Stage

تبدأ مرحلة الشباب بعملية رفع كتلة أرضية (مثل منطقة ساحلية مسطحة مرفوعة حديثا) ثم تلى ذلك فترة من الثبات النسبى. والمناطق الشابة تجرى بها أنهار شابة وتتميز بوديان على شكل "V-shaped" عميقة وكذلك تتميز بمناطق عالية مقسمة جزئيا ذات تضاريس متوسطة.

● مرحلة النضوج Mature Stage

عند الوصول إلى مرحلة النضوج، تتميز المنطقة بأن الأرض العالية upland تصير مقسمة تماماً وجيدة الصرف. بالإضافة إلى ذلك تصبح المنطقة ذات طوبوغرافية وعرة بصفة عامة، ويبلغ نمط الصرف أقصى درجة له وكذلك تبلغ التضاريس أقصى درجة لها. وعلى وجه العموم فإن وديان الأنهار river valleys هي من النوع الناضج.

● مرحلة الشيخوخة Old - Age Stage

مع تقدم عمليات التحات، تعبر المنطقة مرحلة النضوج إلى مرحلة الشيخوخة. وعند هذه المرحلة، تتكون السهوب من المناطق العالية والمنحدرات بعد أن أدى التحات إلى إزالتها، وتبلغ التضاريس أدنى درجة لها. ويتميز السطح عندئذ بعدد قليل من أنهار انعطافية كبيرة تجري في وديان واسعة ومسطحة. ويكون للوادي الكهل أودية فيضانية ممتدة وضفاف طبيعية تامة النمو (جدول ٥). وتوجد في بعض المناطق تلال من صخور صلبة ومقاومة ترتفع فوق سطح السهب وتسمى هذه الآثار التحتية المنعزلة بالمونادنوك monadnocks.

جدول رقم (٥)، دورة تحات وادي النهر

الجانبية المستعرضة	مرحلة الشباب	مرحلة النضوج	مرحلة الشيخوخة
الطوبوغرافيا	أراضٍ عالية مسطحة	تلالية، عادة في المنحدرات	أراضٍ منخفضة مسطحة
الصرف	ضعيف	جيد	ضعيف
التضاريس	متزايدة	بلغت أقصاها	في نقصان
ملامح خاصة	توجد البحيرات والمستنقعات في الأراضي العالية	توجد بحيرات هلالية قليلة العدد في المناطق المنخفضة	توجد البحيرات والمستنقعات في المناطق المنخفضة وكذلك المونادنوك

• انقطاع دورة التحات الإقليمية Interruption of the Regional Erosional Cycle

حينما يحدث تغيير فى المستوى القاعدى لعملية التحات يقطع دورة الوادى، فإنه يقطع أيضا الدورة الإقليمية للتحات. وتنشأ عملية استعادة الشباب (التصايب) بسبب عملية تجدد الرفع renewed uplift؛ وبذلك تتعرض المنطقة المتأثرة لدورة جديدة من التحات. وبالنسبة لدورات التحات، هناك نقاط هامة لا بد أن تؤخذ فى الاعتبار عند مناقشة هذا الموضوع فيما يلى:

أ- الدورات التحاتية التى ذكرت سابقا تصف ظواهر كما يجب أن تكون فى مناطق تتميز بمناخ رطب معتدل. أما فى المناخ القاحل أو القطبى فتكون ظواهر مختلفة، فمظاهر التحات فى المناطق القاحلة من أستراليا تختلف تماما عن المظاهر الموجودة فى بريطانيا. وفيما عدا أراضي النهرات الصغيرة الجافة فى أستراليا فلا توجد أنهار حقيقية ولا توجد بحيرات غير تلك المسماة «بحيرات مسطحات الملح» salt-flat lakes. وتبدو المنطقة مسطحة للناظر إليها من الجو، وبالرغم من أنها تتعرج بلطف ما بين ٥٠٠ قدم وألف قدم فوق منسوب البحر.

ب- مصطلحات الشباب والنضوج والشيخوخة تطلق على الطبوغرافيا العامة الإقليمية وعلى الوديان وكذلك على الأنهار التى تشغل هذه الوديان.

ج- نادرا ما يمكن التمييز بوضوح بين المراحل المختلفة فى الدورة، لأن الانتقال من مرحلة إلى مرحلة أخرى يكون متدرجا، وعليه فإن منطقة ما، قد توجد فيها مظاهر تدل على مرحلتى النضوج والشيخوخة معا. أو مرحلتى الشباب والنضوج معا.

د- قد توجد أجزاء مختلفة من الوادى أو المنطقة فى مراحل مختلفة من الدورة فى الوقت نفسه. وعلى وجه العموم، فقد يتخذ النهر مظاهر الشباب بالقرب من منبعه، ويظهر أكثر نضوجا بالقرب من مصبه.

١٢- الماء الأرضى Ground Water

مياه الأمطار التى تسقط على الأرض، يجسرى تصريفها بطرق ثلاث: إما أن تصبح مياهها جارية run-off أو تبسخر وتعود إلى الغلاف الجوى أو ترشح فى الأرض infiltration. والقسم الأخير الذى ينز seeps فى الأرض يطلق عليه اسم المياه الأرضية ground water، ويسمى أيضا المياه تحت السطحية subsurface أو المياه الجوفية underground. وتوجد هذه المياه فى مسام pores وفجوات الصخور والتربة فى الجزء العلوى من القشرة الأرضية.

والمصدر الرئيسى لمعظم المياه التى توجد فى الأرض هو المطر أو الثلوج التى تشربت فى فراغات الصخور. وهذا هو أهم مصدر للمياه الأرضية. وتوجد نسبة ضئيلة نسبيا من المياه الأرضية مصدرها من تحت سطح الأرض، وتتكون بطريقة كيميائية من الصخور النارية التى توجد مدفونة فى الأعماق. ويعرف هذا الماء باسم «الماء الصهارى magmatic water أو باسم «الماء البكر Juvenile» نظرا لأنه يظهر لأول مرة فى الدورة الهيدرولوجية.

«الماء المحبوس (المتران) Connate Water

وهو الماء الذى حبس فى الصخور الرسوبية وقت تكوينها. ويوجد هذا النوع من الماء مرتبطا بالبتروى فى آباره. ويكون الماء المحبوس ملحا تماما، وقد يكون بقايا لبحر قديم حبس فى الرسوبيات وقت تكوينها. ويكون الماء المحبوس نسبة بسيطة من المياه الأرضية، شأنه فى ذلك مثل الماء الصهارى. ويتغلغل الماء الأرضى إلى أسفل فى طبقات الأرض بفعل الجاذبية فيملأ الفجوات المتاحة من أسفل إلى أعلى. وهذا يكون ممكنا، لأن الصخور المسامية تمتص كميات كبيرة من الماء الترشع من السطح.

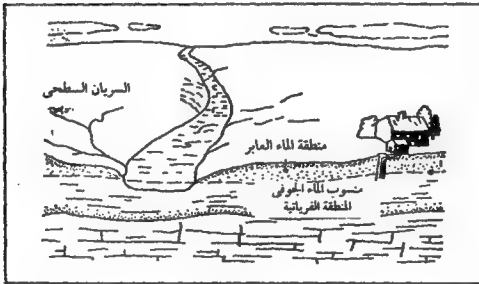
وإذا كانت الصخور منفذة permeable، فإنها تسمح للماء بأن يتحرك بحرية فيها وهذا يسهل المزيد من حركة الماء الأرضى. وتسمى الصخور المسامية والمنفذة فى آن واحد باسم المستودعات «الخزانات المائية aquifers».

وتختلف الصخور كثيرا فى درجة مساميتها porosity ونفاذيتها permeability. وبالنسبة للمسامية فهى تختلف من صخر لآخر فقد تكون

أقل من ١ ٪ فى الصخور الكتلية والصخور النارية غير المجواة، وتصل إلى ٣٠ ٪ أو أكثر فى أنواع معينة من الحجر الرملى . وقد تكون بعض الصخور غير مسامية أصلا، لكنها منفذة نتيجة للفجوات والشقوق الذوبانية وغيرها. وتسمى الصخور التى لا تسمح بإمرار الماء من خلالها باسم الصخور غير المنفذة impermeable (impervious).

١٢- منسوب الماء الأرضى Ground Water Table

جزء القشرة الأرضية الذى تكون فيه كل المسافات والفتحات المتاحة مملوءة بالماء يسمى منطقة التشبع zone of saturation أو المنطقة الفرياتيّة phreatic (شكل ٦٧) والحد العلوى لهذا النطاق يسمى منسوب الماء الأرضى ground water table.

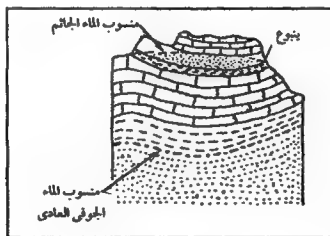


شكل (٦٧)

لقطاع مستعرض يوضح علاقة منسوب الماء الجوفى بمناطق الماء العابر والماء الفرياتي

وتسمى الصخور وجزء التربة الذى تعبّره المياه الأرضية فى طريقها لمنطقة التشبع باسم منطقة العبور vadose zone. أو منطقة التهوية aeration. وصخور منطقة العبور لا يمكن أن تكون مشبعة تماما بالماء، حيث تكون دائما مشبعة بالهواء وهذا الارتباط بين الماء والهواء يساعد كثيرا على عملية التحلل الكيميائى للصخور المحيطة.

ويختلف عمق منسوب المياه تحت سطح الأرض كثيرا من منطقة إلى أخرى. وأهم العوامل التي تؤثر في مستوى منسوب الماء هي كمية الأمطار التي تسقط على منطقة ما، وطوبوغرافية الأرض. وعلى سبيل المثال، قد ينخفض منسوب الماء الأرضي كثيرا خلال فترات الجفاف مما يسبب جفاف الآبار، وعلى النقيض من ذلك، ففي الفصول المطيرة قد يرتفع منسوب الماء الأرضي ليصل إلى قرب سطح الأرض. وبصفة عامة فهناك توافق تقريبي بين منسوب الماء الأرضي وتشكيل سطح الأرض، فيما عدا الحالات التي يكون فيها هذا المنسوب أكثر قربا من سطح الأرض في الوديان، بينما يوجد عند أعماق بعيدة جدا في التلال والجبال. وتتكون المستنقعات swamps والبحيرات lakes والمناطق ponds عندما يتقاطع منسوب الماء الأرضي مع سطح الأرض. وإذا تجمع الماء الأرضي في صخور مستودع مائي يعلو طبقات غير منفذة، فإن هذا الماء يصبح منعزلا عن منسوب الماء الأرضي العادي (شكل ٦٨) وفي هذه الحالة يتكون ما يسمى بمنسوب الماء الجائِم perched water table، حيث إنه يوجد في مستوى أعلى من المنسوب العادي.



شكل (٦٨)
منسوب الماء الجائِم

١٤- أشكال المياه الأرضية Forms of Ground Water

بالرغم من إمكانية جلب كميات كبيرة من المياه إلى السطح عن طريق الآبار، إلا أن معظم المياه الأرضية تصل إلى سطح الأرض نتيجة للنزط الطبيعي natural seepage كما فى حالة الينابيع.

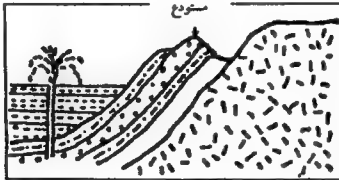
• الآبار Wells

البئر هى ثقب يحفر فى الأرض إلى عمق يصل إلى منسوب الماء الأرضى. وتعد البئر مستديمة إذا كانت بعمق لا يكون منسوب الماء الأرضى عنده تحت مستوى قاع البئر، حتى خلال فترات الجفاف الشديد. ولا بد أن تخترق البئر منطقة التشبع إلى أبعد عمق ممكن، ويجب أن تتخذ كل الاحتياطات لئلا تتعرض مياه البئر للتلوث.

• الآبار الارتوازية Artesian Wells

هى الآبار التى يكون فيها الضغط الهيدروستاتيكي (ضغط الماء) كافيا لجعله يرتفع فوق المستوى الذى قوبل عنده لأول مرة (وقد تنساب هذه الآبار أو لا تنساب خارجه إلى سطح الأرض). وقد تُنتج الآبار الارتوازية كمية كبيرة من الماء؛ ونظرا لأنها لا تعتمد على سقوط الأمطار الموسمية، فإنه يمكن الاعتماد عليها أكثر من الآبار الاعتيادية ordinary wells.

ولكى تتكون بئرا ارتوازية جيدة، فلا بد أن تسافر شروط معينة، إذ لا بد أن يكون المستودع المائى (حجر رملى أو جروول أو طباشير) مائلا بعيدا عن السطح، ولا بد من وجود صخور غير منفذة فوق وأسفل المستودع (شكل ٦٩). بالإضافة إلى

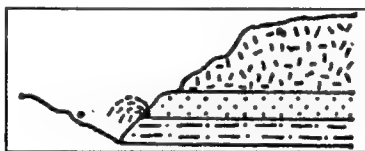


شكل (٦٩)
بئر ارتوازية

ذلك فلا بد أن يكون الخزان منكشفا عند السطح في منطقة معرضة للأمطار بقدر كاف يضمن إعادة تزويد النظام الارتوازي بالماء وإلى ارتفاع أعلى من موقع البئر. هذه الظروف سوف تولد ضغطا هيدروستاتيكيا كافيا لتكوين البئر الارتوازية. وتوجد آبار إرتوازية كثيرة في حوض لندن London-Basin تصل بأعماقها إلى الطبقات الطباشيرية. ويوجد مثال واضح للآبار الارتوازية يمكن مشاهدته من خلال نوافذ قطار بورثموت Portsmouth قبل محطة بترفيلد Petersfield مباشرة.

• الينابيع Springs

تتكون الينابيع حينما تنساب المياه الأرضية وتندفع خارج سطح الأرض باستمرار تقريبا. وتوجد الينابيع المعروفة باسم ينابيع جانب التل hillside springs في مناطق التلال حيث يتقاطع عندها منسوب الماء الأرضي مع سطح الأرض (شكل ٧٠).



شكل (٧٠)

ينبوع على امتداد مستوى التطبيق

• ينابيع الشقوق Fissure Springs

وهذه تتكون طبيعيا، وهي نوع من الآبار الارتوازية، وفيها يصل الماء إلى سطح الأرض من خلال الشقوق الموجودة في الصخور وينساب خارجا بقوة دفع كبيرة.

• الينابيع الحارة Hot Springs

ويطلق عليها أيضا الينابيع الحرارية thermal springs، وهذه مياهها ساخنة وربما تصل درجة حرارة مياهها إلى درجة الغليان، وينشأ ذلك من تلامسها مع الصخور الساخنة تحت سطح الأرض. وتوجد أمثلة من هذا النوع في أركنساس

وكذلك يلوستون فى المتنزه القومى National Park وفى وايومنج Wyoming بأميركا الشمالية وكذلك فى نيوزيلندا.

وفى الينابيع المعدنية mineral springs تحتوى المياه على كمية غير عادية من الأملاح الذائبة مثل كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم والبيكربونات وكبريتات المغنسيوم. وقد تحتوى على غازات فى بعض الأحيان مثل غاز ثانى أكسيد الكربون أو غاز كبريتيد الهيدروجين الكريه الرائحة.

•الراجل Geysers

هى نوع خاص من الينابيع الساخنة التى تثور على فترات.

١٥-التحات بالمياه الأرضية Erosion by Ground Water

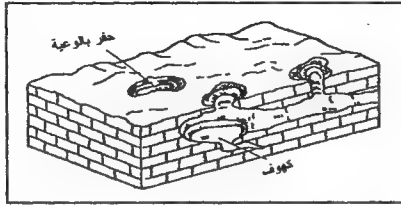
تعد المياه الأرضية عاملا مهما فى عمليات التحات والنقل والترسيب. وتعمل فى هذه المجالات على نطاق واسع وتؤدى عملها التحاتى عن طريق النشاط الكيميائى وتحمل معظم حمولتها فى صورة محاليل. ويتكون حمض الكربونيك نتيجة لتفاعل الماء الأرضى مع غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود بوفرة فى الهواء وكذلك الناتج عن تحلل المواد العضوية الموجودة فى التربة.

وحينما تصبح المياه الأرضية محتوية على حمض الكربونيك فإنها تصير عاملا مهما فى عمليات التحات وخاصة فى المناطق التى توجد فيها صخور رسوبية قابلة للذوبان. وحينما تمر هذه المياه الأرضية فى الصخور الجيرية أو الدولوميت، فإنها تذيب أجزاء من الصخر وتحملها فى صورة محاليل، وبذلك تصبح صخور الأساس الصخرى محتوية على الفجوات وأحواض الذوبان، وقد تتكون الجسور الطبيعية، وتسمى المناطق السطحية التى توجد فيها هذه الظاهرة باسم مناطق الكارست karst، وترجع التسمية إلى منطقة كارست فى يوغوسلافيا. وتوجد بعض المناطق فى بريطانيا تنتمى إلى ظاهرة الكارست، لكن الأمطار الغزيرة وكثافة النباتات فى هذه المناطق تجعلها مختلفة عن أشكال الكارست الحقيقية.

•الكهوف Caverns

تتكون الكهوف بفعل المياه الأرضية. وتتم هذه العملية عن طريق الذوبان الذى يتسبب فى زيادة حجم الشقوق التى تحول إلى سلاسل على شكل أنفاق

وحجرات تحت الأرض (شكل ٧١) ويتكون سقف الكهف فى العادة من صخور مقاومة للفعل الإذابى للمياه الأرضية.



شكل (٧١)

الكهوف والحفر الباليوعية فى منطقة الكارست
الطوبوغرافية

ولقد أثارت الكهوف اهتمام الإنسان منذ زمن طويل، وربما كانت هى مسكنه الأول. ويوجد كهف كبير فى كاستلن Castleton (دريشايير) بإنجلترا وكان يستخدم ملجأ فى وقت الحرب ويعد هو وغيره فى كاستلن وتشيدار من المزارات السياحية.

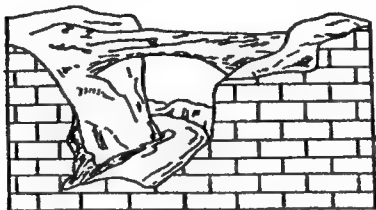
● ثقب حوضية Sink Holes

فى بعض الأحيان توجد كهوف وقنوات قريبة من سطح الأرض مما يسبب انهيار أسقفها، فتترك منخفضات دائرية تقريبا، وتسمى الثقوب الحوضية أو أحواض الذوبان، وتوجد عادة فى مناطق الكارست الطوبوغرافية، وأحيانا ما ينساب نهر فى هذه الثقوب أو فى أحواض الذوبان فيختفى تحت سطح الأرض، وفى هذه الحالة يسمى «النهر المفقود». وقد تمثلت بعض هذه الثقوب بالركام الصخرى ويتجمع فيها الماء مكونًا مستنقعات أو بحيرات.

● القناطر الطبيعية Natural Bridges

تكون القنطرة الطبيعية (الجسر الطبيعى) (شكل ٧٢) عندما ينساب نهر فى فتحة من الصخر، فيذيب جزءا منه مكونا ما يشبه النفق، ويظهر على جرف أو

منحدر على الجانب الآخر. وقد تنهار أجزاء من هذا النفق وتحمل بعيدا، فيسمى ما يتبقى من النفق قنطرة طبيعية natural bridge.



شكل (٧٢)
قنطرة طبيعية

١٦- الترسيب بالمياه الأرضية Deposition by Ground Water

حينما تصبح المياه الأرضية فوق مشبعة بالمواد المعدنية، فإنها ترسب بعضا من هذه المواد. ويحدث هذا الترسيب بطرق مختلفة، نتيجة للاختلاف في درجات الحرارة أو الضغط أو فقدان الماء نتيجة لعملية البخر، وفيما يلي وصف لبعض الملامح الترسيبية التي تتكون بفعل المياه الأرضية:

«رواسب الينابيع Spring Deposits»

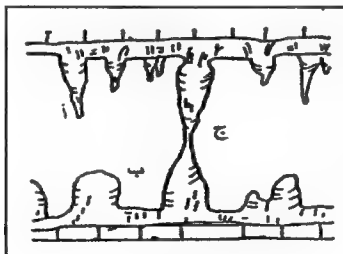
تحتوى بعض المياه الأرضية على كميات كبيرة من المواد الذائبة إلى الحد الذي يضرطها إلى ترسيب ما بها من حمولة بعد وصولها إلى السطح مباشرة. وغالبا ما تكون هذه الرواسب شرفات ومخاريط حول العيون الساخنة والمراجل geysers. وتسمى المواد الجيرية المتكونة بهذه الطريقة باسم «الترافرتين travertine».

وتسمى صخور الترافرتين المسامية باسم «الطوبا الجيرية calcareous tufa» وإذا ترسبت المواد السليسية siliceous حول ينبوع الساخن فإنها تسمى سليكا

ينبوعية. أما الجيزريت geyserite فهي الرواسب التى تتكون حول قسبة الحمة أو المرجل.

•رواسب الكهوف Cavern Deposits

كما هو متوقع، فإن عملية الترسيب من المياه الأرضية تحدث تحت سطح الأرض. وأكثر الأمثلة شيوعا هو ترسيب كربونات الكالسيوم على هيئة صخر الترافرتين، ولكنه قد تتكون أيضا ترسيات صخرية من الجبس والملح الصخرى. وإذا تساقطت المياه الأرضية الغنية بالكالسيت بصفة مستمرة على هيئة قطرات من نقطة بعينها فى سقف الكهف فستكون فى نهاية الأمر رواسب متدلّية فى هذه النقطة تسمى الهوابط stalactites (شكل ٧٣ أ) وهذه الهوابط بعضها مصمت وبعضها مجوف ويقطر الماء المشبع بالمعدن من خلالها وتتدلى من سقف الكهف. أما الصواعد stalagmites فهي كتل من كربونات الكالسيوم تأخذ شكل الراية الصغيرة وتنمو الواحدة منها على أرضية الكهف عند النقطة التى يقطر فيها الماء من إحدى الهوابط بالسقف (شكل ٧٣ ب). وقد تصل الصواعد بالهوابط لتكون أعمدة column (شكل ٧٣ ج).



شكل (٧٣)

رواسب الكهوف

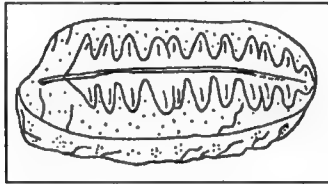
أ- هوابط. ب- صواعد. ج- أعمدة.

• السنتنة Cementation

تلعب المياه الأرضية دورا مهما في سمته جسيمات الصخر. ويحدث ذلك حينما ترسب المعادن المحمولة في المياه الأرضية بين الحبيبات المفككة فتعمل على ربطها بعضها مع بعض. وبهذه الطريقة تصبح الرمال السائبة صخورا متماسكا هو الحجر الرملى، حينما ترسب السليكا بين حبات الرمال التى يتكون منها.

• الدرنات الصخرية Concretions

تتكون الدرنات الصخرية عندما يرسب الماء الأرضى المعادن التى يحملها حول جسم ما، حتى لو كانت ورقة شجرة (شكل ٧٤)، أو صدقة أو حصاة، وتتخذ الدرنات الصخرية أشكالا مختلفة وتكون لها أيضا أحجام مختلفة.



شكل (٧٤)

ورقة من الصرخسيات فى درنة صخرية من الحجر الجيري

• الفجوات (النرجيل الصخرى) Geodes

هى فجوات كروية تقريبا قد تمتلأ جزئيا أو بأكملها بمواد تتجه بلوراتها نحو داخل الفجوة.

• رواسب الشقوق أو العروق Fissure Deposits or Veins

حينما يرسب الماء الأرضى فوق المشيع بالمعادن، ما به من حمولة فى الشقوق والفجوات تتكون العروق المعدنية. ومن أشهر أنواع العروق المعدنية عروق الكالسيت والكوارتز. وقد تحتوى بعض أنواع العروق المعدنية على درنات من معادن فلزية مثل الذهب والفضة والنحاس.

الإحلال أو التحجر Replacement or Petrification

الإحلال عملية تتم فيها إذابة نوع من المواد بواسطة المياه الأرضية ويحل محله نوع آخر. وإذا كان الإحلال للمادة العضوية فإن العملية تسمى تحجرا petrification. ويتكون الخشب المتحجر عندما تحل السليكا مكان الخلايا الخشبية في شجرة ما.

١٧- المياه الأرضية والإنسان Ground Water and Man

تخدم المياه الأرضية الإنسان في أغراض كثيرة، فهي حيوية للزراعة حيث تحتاج النباتات إلى كميات كبيرة من الماء لتمتصها جذور النباتات من التربة. وفي المناطق القاحلة تحتاج عمليات الزراعة إلى كميات كبيرة من الماء للرى يحصل عليها من الآبار. كذلك تعتمد الصناعة بشكل أساسي على الماء ومصادره. ومع أن الماء السطحي هو الذى يستخدم بكثرة فى معظم الأغراض الصناعية، لكنه لا بد من الاستفادة من الماء الأرضى إذا لم يكن الماء السطحي متاحا.

١٨- الأمطار Rains

قبل أن ننتهى من هذا الفصل الخاص والذى تناولنا فيه فعل الماء كعامل جيولوجى مهم، لا بد أن نشير إلى أن الأمطار التى تسقط باستمرار على منطقة ما، تفكك جسيماتها الصخرية وتحملها إلى الجداول والأنهار. وفي المناطق القاحلة، يكون المطر القليل خيرانا ونهيرات حيث توجد الرواسب الصلصالية تحت الأديم.

الفصل الثامن

العوامل الجيولوجية:

المثلج والرياح والجاذبية

GEOLOGIC AGENTS : GLACIERS , WIND AND GRAVITY

المثلج كتل ضخمة من جليد البر، تتحرك ببطء وتكونت نتيجة لعملية إعادة تبلور الثلج. وكانت الكتل الجليدية الضخمة من الثلوج الطافية في فترة ما، تحتل أكثر من ثلاثين في المئة من مساحة سطح الأرض؛ لكن هذه المساحة تصل إلى أقل من ١٠٪ في الوقت الحالي. وقد حدثت العصور الجليدية مرات عديدة خلال التاريخ الجيولوجي للأرض، لكن أكبرها كانت في زمن البليستوسين Pleistocene (الفصل الثامن عشر).

ولقد أمدتنا الفترات الجليدية بسجلات واضحة عن النشاط الثلجي، حيث تغطت معظم أميركا الشمالية وأوروبا بطبقات هائلة من الجليد خلال زمن البليستوسين (شكل ٧٥).

وفي الوقت نفسه التي كانت تحتاج فيه الفترات الجليدية تسمانيا وجنوب شرق أستراليا منذ الدور البرمي Permian Period، تراجعت الثلوج مخلفة وراءها تغييرات هائلة، نشأ عنها انقراض كثير من الحيوانات والنباتات، بعد أن أصبحت المناطق حارة وقاحلة، وجفت الأنهار وتبخرت البحيرات. وتراجع آخر غطاء جليدي من فوق بريطانيا منذ مدة زمنية تتردد بين عشرة آلاف وخمسة عشر ألف سنة. لكن قبل هذا التراجع الجليدي، غطت الثلوج قمم التلال حتى وصلت إلى خط التميز - سفرن Thames - Severn Line، وإلى الجنوب من هذا الخط امتدت تغطية قمم التلال بالثلوج.

الجبال الشاهقة فقط . ومع ذلك ففى المناطق المتجمدة، تغطى الأرض بالثلوج والجليد بصفة دائمة حتى لو كانت ترتفع عن مستوى سطح البحر بقليل .
ويسمى الحد الأدنى للتجمد الدائم باسم خط الثلج snow - line . والآن يتحدد هذا الخط أساسا بخط العرض، ويوجد الجليد عند مناسيب منخفضة مع زيادة خط العرض، فعلى سبيل المثال عند خط عرض ٩٠ شمالا (القطب الشمالى) يكون خط الثلج عند مستوى سطح البحر، وعند خط الاستواء (خط عرض صفر) يكون خط الثلج عند ارتفاع ١٨ ألف قدم فوق منسوب سطح البحر . وتوجد الحقول الثلجية snow fields على هيئة تجمعات كتلية من الثلوج فوق خط الثلج، حيث تتكون الثلوج . وبعد تكونها، تتصلب وتصبح فى صورة جسيمات جليدية فى حجم الكريات الحبيبية وتسمى أراضي الثلج Nève أو فرن Firm . وتغطى الاراضى بالثلوج التى تتكون بعد ذلك، ثم تضغط بالتدريج حتى يصبح المستوى السفلى لحقل الجليد متماسكا وعلى هيئة كتلة هائلة من الجليد وتعرض أراضي الثلج إلى تغيرات تتحول بموجبها كتلة الجليد بأكملها إلى جليد مثلجى glacial ice، يتحرك ببطء إلى أسفل التل بفعل الجاذبية، إذا تراكمت منه كميات تكفى لتحركه .

٢- أنواع المثالج Types of Glaciers

يصنف الجيولوجيون المثالج إلى ثلاث مجموعات عادة:

أ- مثالج الوادى valley glaciers

ب- مثالج أقدام الجبال piedmont glaciers

ج- شرائف الجليد أو المثالج القارية ice - sheets or continental glaciers

أ- مثالج الوادى Valley Glaciers

تسمى أيضا باسم المثالج الالبية Alpine أو مثالج الجبال mountain glaciers . وتنشأ مثالج الوادى فى حقول الثلج عند رؤوس وديان الجبال . وتتبع حركتها إلى أسفل الاودية المنحوتة بالأنهار القديمة old stream - cut valleys

والتي تمتلئ أحيانا من الجدار إلى الجدار بجليد الثلجة glacier ice وتتردد مساحة مثلجة الوادي من مئات قليلة من الياردات المربعة إلى العديد من الأميال المربعة. كذلك يتردد طولها من مئات قليلة من الياردات إلى ٧٥ ميلا أو أكثر من ذلك. وتوجد مثل هذه المثالج في جبال الألب وجبال الهيمالايا وجنوب نيوزيلندا.

ب- مثالج أقدم الجبال Piedmont Glaciers

في بعض الأحيان قد تنبثق مثلجتان واديتان أو أكثر من أودية الجبال المجاورة و ترحف إلى السهول في المستويات الدنيا، وفي هذه الحالة تتحد النهايات السفلية للمثالج وتكون كتلة ثلجية عريضة ومستديرة تسمى مثلجة قدم الجبل. ومن أشهر هذا النوع من المثالج مثلجة ملاسبينا Malaspina التي توجد على الجانب الغربي لخليج ياكوتات Yakutat Bay في ألاسكا، وتغطي هذه الثلجة مساحة قدرها ١٥٠٠ ميل مربع تقريبا (٤٠٠٠ كم^٢). وقد تكونت مثلجة ملاسبينا من اتحاد عديد من مثالج الأودية التي نشأت على منحدرات جبل سان إلياس القريب.

ج- شرائف الجليد أو المثالج القارية Ice Sheets or Continental Glaciers

تعرف كتل الجليد المتسعة التي تغطي مساحات هائلة باسم الشرائف الجليدية أو المثالج القارية (وهناك أغطية جليدية صغيرة نسبيا محدودة المساحة وتسمى قلنسوات الجليد ice caps).

وقد يكون الشرف الجليدي سميكًا جدًا في العادة، ويتشتر من مركز كتلة برية نحو الخارج حتى إنه قد يغطي معظم القارة بأراضيها المرتفعة والمنخفضة على حد سواء. وقد تبرز قمة جبل معزول فوق سطح الجليد، وتسمى في هذه الحالة باسم نوناتاك Nunatak. وتوجد أكبر مساحات الشرائف الجليدية في العالم في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) Antarctica حيث يغطي الجليد معظم هذه القارة التي تعادل مرتين مثل مساحة قارة أستراليا. وقد يبلغ سمك الجليد في بعض الأماكن عشرة آلاف قدم. وتبلغ مساحة الشرف الجليدي في جرينلاند حوالي ٧٦٠ ألف ميل مربع (١,٧ مليون كيلو متر مربع)، وربما يصل سمك الجليد إلى ١١ ألف قدم.

٢- حركة المثلج Movement of Glaciers

بالنسبة للملاحظ العادي، قد تبدو الثلجة كأنها مستودع لكتل من الجليد. لكن المثلج مثل الأنهار، تتحرك ولكن ببطء شديد، وقد تتحرك الثلجة إلى الأمام لمسافة تتراوح من بوصة واحدة إلى حوالي ١٠٠ قدم في اليوم الواحد. وهناك عوامل تتحكم في معدل حركة الثلجة منها:

أ- حجم الثلجة (كلما زاد سمك الثلجة زادت سرعة حركتها).

ب- انحدار وطوبوغرافية الأرض.

ج - درجة حرارة المنطقة (تتحرك المثلج أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة).

د- كمية الماء غير المتجمد في الثلجة.

وطبيعة حركة الثلجة عملية معقدة نسبياً، وبصفة عامة، قد تبدو المثلج كأنها تتحرك عندما تتسبب قوى الجاذبية والضغط الناشئ عن الجليد المتراكم في جعل الجليد الموجود في المستويات السفلية من الثلجة في حالة لدنة (طرياً وقادراً على الانسياب).

ويوصف الجليد في هذا الجزء السفلي من الثلجة بأنه موجود في منطقة الانسياب zone of flow. أما الجليد الأقل لدونة والموجود في الجزء العلوي من الثلجة فيحتل منطقة الكور (التشدخ) zone of fracture (انظر شكل ٧٦). وبالإضافة إلى ذلك، فإن الفترات المتبادلة للانصهار والتجمد تحدث تمعداً للجليد يؤدي إلى زيادة في حركته. وتشبه الحركة الثلجية حركة النهر إلى حد ما، إذ تتحرك الثلجة في الجزء الأوسط فيها بسرعة أكبر من سرعتها على طول جوانبها، وكذلك تكون سرعتها عند سطحها الأعلى أكبر من سرعتها على طول القاع. ويرجع السبب في ذلك إلى أن الاحتكاك على امتداد جوانب الثلجة وعند قاعها يؤخر الحركة في هذه الأماكن. وحيث إن الثلجة تتبع المسار المتلوى لوادئها، وتمر كذلك فوق أماكن غير منتظمة في أرضية الوادي، فقد يتسبب الشد في حدوث

كسور فى الجليد القصيف فى منطقة التكرس . وتتج عن هذه الكسور شقوق تسمى «شقوق جليدية» glacial crevasses (شكل ٧٦)، وقد يبلغ طول الواحد منها مئات الأقدام . وقد تختفى هذه الشقوق الجليدية تحت قشرة رقيقة من الثلج تنكسر بفعل أى ثقل بسيط . لذلك فهناك مصدر خطر دائم للأشخاص المسافرين فوق سطح الثلجة . وقد تستمر الثلجة فى حركتها إلى أن تصل إلى منطقة يسود فيها هواء دافئ فينصهر الجليد بنفس السرعة التى تتقدم بها الثلجة ثم تتوقف جبهة الجليد عند مقدم الثلجة، وفى نهاية الأمر تراجع الثلجة إذا انصهر الجليد بسرعة أكبر من سرعة تقدمه .



شكل (٧٦)

قطاع مستعرض فى واد مثلجى

وكثير من المثالج تواصل تقدمها إلى أن تصل إلى البحر، حيث تنكسر كتل ضخمة من المثلجة لتكوّن كتلا طافية تسمى جبال الجليد Icebergs، التى تطفو وتبتعد عن مقامها الاصلى إلى أن تصل إلى مياه دافئة فتنصهر هناك .

٤- التآكل الثلجى Glacial Erosion

يشتمل العمل الجيولوجى للمثالج على عمليات التحات والنقل والترسيب، شأنه فى ذلك شأن العوامل الجيولوجية الأخرى . ويبلغ الفعل التحاتى للمثلجة درجة كبيرة من القوة، بحيث لا يعوقها أى شئ . وهى تحرث أوديتها أو تمتطى معالم برية ناتئة حتى تغطى قارة بأكملها . وتتم عملية التحات الجليدى بطريقة أو بأكثر من الطرق التالية :

١- الإقتلاع Plucking or Quarrying

تعمل الثلجة على تكسير والتقاط الكسر الصخرية من طبقة الأساس الصخرى.

ب- السحج Abrasion

يتسبب الجليد وما به من حطام صخرى ملتقط ومقتلع فى خدش وصلل طبقة الأساس الصخرى التى يمر عليها.

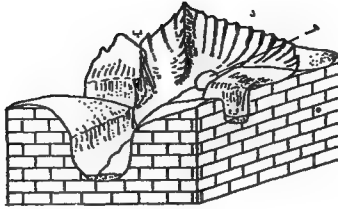
ج- العرث Ploughing

قد تندفع المواد السائبة loose على طول الثلجة أو قد تسقط المواد الصخرية من جدران الوادى وتستقر فوق قمة الجليد.

• التحات بفعل مثالج الوادى Erosion by Valley Glaciers

تعد ثلجة الوادى من العوامل المؤثرة والفعالة فى عملية التحات، وتؤدى إلى تطورات كبيرة فى المنطقة التى تحتلها. وتنشأ مثالج الوادى فى المترقات corries أو فى المناطق المترجة فى الجبال cirques، وكذلك فى المنخفضات شبه الدائرية التى تطورت نتيجة لتعميق وتكبير رأس وادى الجبل.

وحينما تتكون مترقات عديدة وتكون مجاورة لبعضها البعض، كما هو الحال فى الموقع الكلاسيكى فى سنودون Snowdon، قد تصبح الحبود التى تفصلها حادة وخشنة، مما يؤدى إلى جعل الحيد ذى حافة كنصل السكين وحينما يتحات مترقان من ناحيتين متماكستين، فقد يتقابلان ليكونا ممرا pass أو مضيقا col. وتنتج القمة شبيهة القرن horn فى مرحلة متأخرة من التلج بعد أن تكون قمم الجبال الماقبل الثلجية preglacial mountains قد تقلصت إلى قمم منعزلة. وعندما يختفى الجليد الثلجى، قد تمتلئ المترقات بالماء فتكون بحيرات مثلجية glacial lakes تسمى تارن "Tam". مثال ذلك البحيرة الثلجية «تارن» الموجودة فى مالهام Malham فى غرب رذنج Riding فى يوركشير، وكذلك كثير من البحيرات بشمال ويلز. وبعض هذه الظواهر موضحة فى (شكل ٧٧).

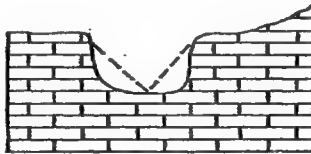


شكل (٧٧)

الظواهر المتكونة في الوديان الثلجية

- ١- واد معلق. ب- مضيق بين قممتين.
ج- قرن. د- كهف. هـ- بركة جبلية.

وتتطور الوديان التي تحتوى على مثالج بطرق متعددة، كأن تطحن الثلجة جدران الوادى فتجعل أرضية الوادى لمساء. وتزداد الوديان الشابة عرضا وعمقا، ويتغير شكل قطاع الوادى من حرف "V" إلى حرف "U" (شكل ٧٨)، ومثال ذلك عمر ليانيسرس Lianberis Pass وكذلك منطقة Tal- y -Llyn تال -واى - لين فى شمال ويلز بإجلترا، وبالإضافة إلى ذلك فإن جدران الوادى وأرضيته تُخدش وتُخَدَّد وتصل بفعل الركام الصخرى الذى يحمله الجليد الثلجى glacial ice.



شكل (٧٨)

واد مثلجى نموذجى على شكل حرف U

وتسمى هذه العلامات التي تكونها المثالج باسم الخزوز الجليدية glacial striations إذا كانت خدوشا أو خزوزا، أما إذا كانت الخزوز عميقة فإنها تسمى

الثلم الجليدية (الأخاديد) glacial grooves. أما البروزات التي توجد في أرضية الوادى فتأخذ أشكالا مستديرة وتصبح ملساء لتكون ما يسمى الصخور الضأن Roches Moutonneés (شكل ٧٩) وهو مصطلح فرنسى يعنى الصخور التي تشبه في مظهرها «فروة الخروف»، وبالإضافة إلى ذلك، فإن جزءا كبيرا من أرضية الوادى التي تتحرك الثلجة فوقها يطحن ليكون ما يسمى بالطحين الصخرى rock flour.

ويكون الوادى الثلجى الرئيسى الذى يعرف باسم المجرى الثلجى glacial trough، أكثر عمقا من الروافد أو من جوانب الوديان المؤدية إليه. وعندما ينصهر الجليد، يبقى هذا الرافد معلقا فى مستوى أعلى من أرضية الوادى الرئيسى وتسمى هذه الاودية باسم الوديان المعلقة hanging valleys. وفى العادة، فإن الأنهار التي تجري فى هذه الوديان، تكون مساقط مياه وعرة steep waterfalls تغطس فى الوديان الرئيسية الأكثر عمقا. وتعد مساقط مياه يوسميت Yosemite Falls فى كاليفورنيا أمثلة نموذجية لهذا النوع من مساقط المياه بالرغم من أن هذا الجزء من كاليفورنيا يعد من المناطق الثلجية التقليدية classic glacial area. وتوجد مناطق فى بريطانيا تتميز بوجود مثل هذه الظواهر كم منطقة سنودونيا Snowdonia. وحينما تتحرك الثلجة من الجبال إلى البحر، قد يحفر الجليد واديه أسفل مستوى سطح البحر، وعندما ينصهر الجليد، يجتاح البحر هذا الوادى فتكون بذلك الفيوردات fiords التي تمثل أذرا ضيقة للبحر تكون عادة عميقة وذوات جدران وعرة. وتتميز سواحل النرويج بصفة خاصة بكثرة الفيوردات فيها. وتوجد الفيوردات كذلك فى نيوزيلندا.

التحات بالشراشف الجليدية Erosion By Ice Sheets

الشراشف الجليدية لها سمك كبير وانتشار واسع وتغطي كثيرا من الظواهر السطحية البارزة بأكملها. ويسبب ذلك تصبح الجبال والتلال والوديان أيضا، معرضة لعملية التحات الثلجى glacial erosion. وبالتالي فإن الصخور التي توجد تحت الجليد، تتعرض للاقتلاع والחדش وتتكون فيها الثلم grooves. ويستدل على ذلك من الحزوز الثلجية glacial striations، والصخور التي تشابه في مظهرها فراء خراف الضأن Roches Moutonneés. وتؤدي الشراشف الجليدية

أيضا إلى تكون التلال الجليدية البيضية الشكل drumlins، أو ذات الشكل الإهليلجي elliptical وتكون موازية لاتجاه حركة الجليد (شكل ٨٠). ويشيع وجود هذه التلال الجليدية في كثير من وديان يوركشير بإنجلترا.

وعلى وجه العموم، فإن الشراشف الجليدية القارية تعمل على جعل الأسطح البارزة غير المنتظمة ناعمة ملساء، فلا تعوق حركتها، أما التربة والوشاح الصخري فقد تزول من مناطق كبيرة.



شكل (٨٠)

تلال جليدية بيضية الشكل

شكل (٧٩)

صخر على هيئة فروة خروف

- تشير الأسهم إلى اتجاه حركة الجليد

٥- النقل الثلجي Glacial Transportation

تستطيع المثالج نقل كميات هائلة من مواد الأرض، وقد تكون الكسر الصخرية التي تنقلها المثالج ذات حجم كبير جدا. وبالتالي فإن الحمولة الثلجية قد تحتوى على صخور دقيقة جدا وجلاميد ضخمة، بالإضافة إلى كل الحجم الأخرى التي تقع بين الحجم الدقيق جدا والجلاميد الغليظة. وينقل الجزء الأكبر من هذه المواد على السطح العلوي للثلجة ويكوّن ما يسمى بالحمولة فوق الثلجية. وتسمى المواد المتجمدة والتي توجد في داخل الثلجة باسم «حمولة داخل الثلجة» englacial load، بينما تتكون الحمولة تحت الثلجية subglacial load من الصخور والتربة التي توجد على قاع الكتلة الجليدية، وهذا الجزء هو المسئول عن العمل السحجي للثلجة.

وفي العادة، فإن مثالج الوديان تحمل فوق سطحها مواد أكثر مما تحمله الشراشف الجليدية أو المثالج القارية. ويرجع ذلك إلى أن جزءا كبيرا من الحطام

الصخرى يسقط من جدران الوادى ويتراكم فوق الثلجة، بالإضافة إلى أن جزءاً من الحمولة قد يدفع أمام الجليد المتقدّم. ونظراً للسّمك الكبير للشراشف الجليدية، فإنها لا تجمع إلا كمية قليلة من الحطام الصخرى تحملها فوقها كحمولة فوق مثلجية superglacial؛ ولا تكون لها القدرة على حمل مواد كثيرة مثل الثلجة السوادية، بل إن معظم حمولتها تكون متجمدة frozen فى داخل القاع الجليدى أو تدفع أمام هذه الشراشف.

٦- الترسيب الثلجى Glacial Deposition

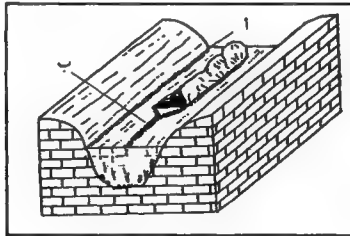
تكون الحمولة الثلجية من صخور وأجزاء من التربة مختلط بعضها مع بعض بلا نظام، ويغض النظر عن الحجم أو الوزن أو التركيب. وعندما ينصهر الجليد، فسوف يسقط الحطام الصخرى، لتكون منه أنواع مختلفة من الرواسب تسمى بالمنجرف الثلجى glacial drift. وهناك نوعان من هذه المنجرفات هما:

أ- الحريث till وهو عبارة عن منجرف مثلجى غير طباقى وغير مفروز بفعل الماء، لأنه ترسب مباشرة بفعل الجليد.

ب- المنجرف الطباقى stratified drift ويتكون من مواد مفروزة sorted ترسبت فى طبقات محددة بفعل الماء الذى تكون من انصهار الجليد.

ويترسب الحريث till الذى يطلق عليه اسم الرواسب غير الطباقية unstratified deposits من الجليد مباشرة. وتتكون رسوبيات الحريث من كُسارة صخرية من حجوم مختلفة، الكثير منها مصقول ويحمل علامات من الحزوز الثلجية glacial striae. ومن أكثر أنواع رواسب المنجرفات شيوعاً صلصال الجلاميد boulder clay الذى يتكون من كتل كبيرة مسطحة من الصلصال مع جلاميد أو حصى من كل الحجم. وتوجد مكاشف الجلاميد فى كثير من الجروف والشواطئ حول فلامبوره Flamborough (يوركشير) بإنجلترا. وتكون رواسب الحريث ظواهر طبوغرافية تسمى ركام المثالج glacial moraines وهى حيود أو رواب (مفرداً رابية) mounds تتكون من جلاميد وجراول ورمال وصلصال ترسبت من المثالج. وهناك أنماط كثيرة من ركام المثالج، كل واحد منها يسمى على

أساس علاقته بالثلجة. فهناك الركام الثلجي النهائي terminal moraine أو ركام النهاية end moraine، وهو عبارة عن رابية من الحريث تتكون عند نهاية الثلجة. ويشير هذا النوع إلى الوضع السابق لجبهة الجليد. وهناك الركام الثلجي الانحساري recessional moraines وهو رواسب من الحريث ترسبت في أماكن متعددة عند مواضع انحسار المثالج المعتادة أو المثالج الثابتة مؤقتا temporarily stable. وتسمى رواسب الحريث غير المنتظمة التي ترسبت نتيجة لتقهقر المثالج المنصهرة باسم ركام الأرضية الثلجي ground moraines وتكون التلال الجليدية البيضاء الشكل drumlines على أسطح ركام الأرضية الثلجي، وكل نوع من ركام المثالج التي ذكرت يتميز كلا من الشراشف الجليدية ومثالج الأودية، ويوجد في النوع الأخير نوعان من ركام المثالج التي لا تنشأ من الشراشف الجليدية. وفي العادة فإن مثالج الأودية تكون أو تتألف الركام الجليدي الجانبي lateral moraines وهو جيود يتكون على جانبي الثلجة الوادية. ويتكون الركام الجانبي من المواد التي حدثت لها عملية تحات من جوانب الوادي، أو سقطت منها على سطح الثلجة ليحملها الجليد. وعندما يتصل واديان مثلجيان ليكونا نهرا واحدا من الجليد، فإن الركام الثلجي الجانبي lateral moraines يتحد ليكون ركاما مثلجيا مسطيا واحدا single medial moraine (شكل ٨١).



شكل (٨١)

لقطع مستعرض خلال واد مثلجي

أ- ركام مثلجي جانبي.

ب- منتصف الركام الثلجي.

• المجروفات الجليدية المقترية Erratic

هى أحجار أو جلاميد نقلتها المثالج، تختلف فى تركيبها الصخرى عن طبقات الأساس الصخرى التى ترتكز عليها، وقد يصل وزن الحجر الواحد أو الجلمود الواحد منها أطنانا عديدة.

وقد وجد بعضها على بعد مئات الأميال من مكان مصدره، وقد توضع المجروفات الجليدية المقترية على هيئة صف طويل، وكلها مستمد من مصدر مشترك، وتسمى فى هذه الحالة باسم قطار الجلاميد boulder train. وقد عثر على جلاميد من جرانيت شاب Shap Granite المميز متناثرة عبر نهر البيونيتز Peunines شرقى شاطئ يوركشير بإنجلترا. وعند خليج روبين هود، توجد مجروفات جليدية مع منجرفات ذات أصل اسكندنافى، مما يدل على أن مثلجتين كانتا قد اقترنت الواحدة منهما بالأخرى فى تلك المنطقة. وفى بعض الأحيان قد تبقى بعض المنجرفات الجليدية المقترية جاثمة بغير ثبات فوق صخر المنطقة.

ب- الرواسب الطباقية أو رسوبيات الاكتساح

Stratified Deposits or Out Wash

تسمى المواد الصخرية التى ترسب فى الأنهار من ثلج اتصهر باسم رسوبيات الاكتساح، وكذلك تعرف باسم الرواسب النهر مثلجية glaciofluvial. وقد تشكل هذه المواد النهرية الجيدة الفرز العديد من الأشكال الأرضية، وفيما يلى وصف لأكثر أنواع رسوبيات الاكتساح شيوعا:

• سهول الاكتساح Outwash Plains

رواسب مروحية الشكل، عريضة، تتكون من منجرفات ترسبت أمام الثلجة، وهى مميزة للشراشف الجليدية، وفى المثالج الوادية تبقى معظم رواسب الاكتساح على امتداد أرضية الوادى، مخلفة ظاهرة تعرف باسم قطارات الوادى valley trains.

• الإسكرات Eskers

حيود طويلة من منجرفات طباقية stratified drift تماثل لأرصفة خطوط السكك الحديدية، ويبدو أن المواد المكوّنة للإسكرات قد ترسبت فى أنفاق جليدية

بواسطة الأنهار التي كانت تجري على طول قيعان المثلج . وبالرغم من أن بعض الإسكارات قد يصل طول الواحدة منها إلى أميال عديدة، ويصل ارتفاعها إلى نحو مئة قدم، إلا أن عرضها قد لا يتعدى أقداما قليلة. وتوجد أشهر أمثلة الإسكارات في بريطانيا إلى الشمال من ولفرهامبتون Wolverhampton .

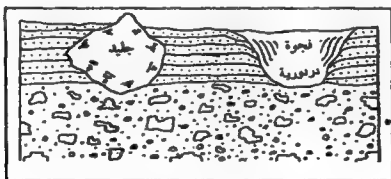
• الكامات Kames

هي تلال صغيرة لها جوانب شديدة الانحدار وقممها مسطحة تتكون من مجروفات طباقية من مواد تجمعت في منخفضات دائرية في المثلجة . وقد تتكون رواسب طباقية من الرمل والجروول بين جانب مثلجة محتضرة (wasting) وجدار الوادي المتصل بها، وتسمى شرفات الكامات kame terraces . ويمكن مشاهدة الكامات الثلجية بوضوح في سكوثلندا بالقرب من كارستيرز Carstairs .

• فجوات دردرورية Kettles

هي منخفضات قد يبلغ طول الواحد منها ميل ويصل العمق إلى مئة قدم، وتدل على مكان كتلة من الجليد دفنت في رواسب اكتساحية (هذه الكتلة تخلفت من مثلجة محتضرة).

وعندما انصهرت كتلة الجليد تكونت الفجوة الدردورية kettle لتدل على مكانها (شكل ٨٢).



شكل (٨٢)

تكوين الفجوة الدردورية: كتلة من الجليد (إلى اليسار) مدفونة في الكتصحات؛ وعند انصهار الجليد تتكون الفجوة الدردورية

• الصلصال الحولى Varve Clays

هو صلصال تكون فى البحيرات المؤقتة التى تكونت بفعل الجليد بما يشبه ظاهرة تكون الحفر الدردورية kettle. ويسجل هذا الصلصال الاختلاف الموسمى فى المواد المترسبة على هيئة أشرطة رقيقة thin bands.

ويوجد الصلصال الحولى فى بريطانيا أحيانا، لكن أفضل مثال يمثل ما يوجد فى اسكتلندا الذى استخدم على نطاق واسع فى حَلِّ الغاز العصر الجليدى.

• الأحودور والذيل Crag-and-Tail

حينما تمر مثلجة فوق سداة نارية أو عتق بركانى صلب أو حول أيهما، قد يتسبب الجليد فى إزالة الحطام الصخرى غير المتماسك، لكنه يرسب مواد أخرى خلفه. وتكون النتيجة تلّ له وجه شديد الانحدار على أحد الجوانب، يسمى الأحودور، وعلى الجانب الآخر من التل يكون الانحدار لطيفا حيث يسمى هذا الجانب بالذيل. ويوجد مثال واضح لهذه الظاهرة. يمكن مشاهدته عند قلعة إدنبره Edinburgh Castle، وهذه الصخور تشبه فى مظهرها فراء خراف الضأن Roches Moutonnés، التى ذكرت من قبل، لكنها أكثر طولاً منها.

وعندما انصهر الجليد الثلجى فى المناطق التى أصبحت الآن ذات مناخ معتدل، مثل بريطانيا، انطلقت كميات هائلة من الماء، وتعاضم فعل الأنهار الذى سبق الإشارة إليه فى الفصل السابع. فمثلا، اندفعت جلايمد ضخمة على طول الممرات تحت أرضية فى الحجر الجيرى الإقليمى؛ وتسببت المياه الجوفية فى تكوين البرك الدوامية whirl-pools، ونحتت المداخل الطبيعية بفعل الحركات الدردورية للماء cork-screw action وفى الوقت الحالى، يمكن مشاهدة بعض الجلايمد المتبقية بغير نظام معين وهى تجثم على أسقف كهوف الحجر الجيرى بصورة مثيرة للدهشة.

ويمكن مشاهدة كثير من الظواهر الجيولوجية التى ذكرت فى الفصلين السادس والسابع وما يليها فى منطقة مالهام Malham، ويمثل شكل رقم ٨٣ رسما تخطيطيا لهذه الظواهر.



شكل (٨٣)
كهف مالهام، يوركشير

٧- أسباب حدوث العصور الجليدية Causes of Glacial Periods

ما الذى يسبب حدوث العصور الجليدية ؟ بالرغم من أن الجيولوجيين لم يستطيعوا حتى الآن الإجابة عن هذه المسألة المعقدة، إلا أن دراساتهم عن سجل الأنشطة الجليدية فى الماضى وملاحظاتهم للعديد من المثالج الحالية، أدت إلى افتراض عدد من النظريات. وفيما يلى ملخص لبعض العوامل التى يحتمل أن تكون السبب فى حدوث الفترات الجليدية:

١- ارتفاع الأرض Elevation of the Land

يبدو أن عصور الجليد كانت تتزامن مع الفترات التى كانت فيها القارات عالية وكانت درجات الحرارة المنخفضة عند خطوط العرض الأعلى هى السائدة؛ ويعتقد بأن الهبوط فى المعدل السنوى لدرجة الحرارة، عندما كانت القارات عالية، أدى إلى تكوين عصر جليدى.

ب- الاختلاف في كمية الحرارة المكتسبة من الشمس

Variation in the Amount of Heat Received from the Sun

تعد الشمس هي مصدر الطاقة الحرارية للأرض، ومن المعلوم أن كمية الطاقة المتولدة من الشمس، قد تذبذبت بحوالي ٣٪ في الأربعين سنة الأخيرة. وبالرغم من أن هذا ليس كافياً لحدوث الثلج، إلا أنه من المحتمل أن تكون قد حدثت تذبذبات أكبر في الماضي الجيولوجي. ويعزى اختلاف كمية الطاقة الشمسية التي يستقبلها سطح الأرض إلى سَحَب الغبار البركاني التي توجد في جو الأرض أحياناً، أو ربما يكون السبب في ذلك هو أن مدار الأرض حول الشمس كان مختلفاً في الماضي عن وضعه الحالي، وبالتالي فقد كان فصل الشتاء أطول وأشد برودة.

• اختلاف ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء في الجو

Variation in Carbon Dioxide and Water Vapour in Atmosphere

هذا سبب منطقي، يفترض أن ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء يساعدان الأرض على الاحتفاظ بالحرارة المستمدة من الشمس. والنقصان في ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء في الجو يسمح لكميات أكبر من الحرارة بالتسرب عن طريق الإشعاع، وبالتالي ينشأ المناخ الأشد برودة. والأرض العالية المتزايدة الاتساع قد تؤدي إلى نقصان كمية بخار الماء في الجو، وبالتالي يحدث نقصان في قدرة الأرض على الاحتفاظ بالحرارة الشمسية.

وبالإضافة إلى ما ذكر سابقاً، فإن عوامل أخرى مثل البركان *volcanism*، وذوبان القلنسوة الجليدية القطبية نتيجة لتغيرات في الدورة المحيطة، وتغير وضع القطبين الشمالي والجنوبي، كل هذه العوامل، قد تكون أسباباً ممكنة لحدوث عملية الثلج *glaciation*.

٨- عمل الرياح Work of the Wind

الرياح (الهواء المتحرك) عامل شديد الفعالية من العوامل الجيولوجية. وبالرغم من أن عمل الرياح ليس بنفس قدر عمل الماء أو الجليد إلا أنها، مع

ذلك، تعد عاملاً مهماً من عوامل تشكيل الأرض. وكما هو متوقع، فإن عمل الرياح يكون فعالاً جداً في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. ومن المشاهد الغريبة صخرة تسمى آيرز روك Ayers Rock بأستراليا طولها ميل ونصف الميل قد نحتت وتخذت وصقلت بفعل الرياح على مدى ٢٠٠ مليون سنة. وعلى أي حال فحتى المناطق الرطبة قد تصبح جافة خلال بعض الفترات، وفي تلك الأثناء تصبح التربة مفككة وتعرض لعمليات الإزالة بفعل الرياح. وتسبب الرياح أيضاً في نقل الغبار لمسافات كبيرة جداً، ليرسب في مناطق أخرى يسود فيها المناخ الرطب. ولقد تسببت العواصف الترابية التي تنشأ في الصحارى في تكوين رواسب دقيقة من الرمال ترسبت شمالاً حتى وصلت إلى بريطانيا.

٩- التآكل بالرياح Wind Erosion

قد لا يكون للرياح في حد ذاتها أي أثر في الصخور الصلبة، لكن الرياح العالية السرعة تحمل معها كسر الصخور التي تصبح أدوات فعالة لحدوث عملية التآكل، وتؤدي الرياح عملها في التآكل بطريقة التذرية deflation، أو عن طريق السحب abrasion.

• التذرية Deflation

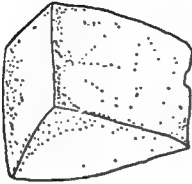
في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث ينذر الغطاء النباتي، تتعرض الصخور المفككة وجسيمات التربة إلى النقل من مكان إلى آخر بفعل هبوب الرياح، ولقد تحولت مناطق زراعية بها تربة خصبة إلى مناطق ترابية منخفضة تسمى جفان الغبار dust-bowl خلال فترات الجفاف والقحولة. وتوجد بعض الأحواض basins تحت منسوب سطح البحر بكثير - وخاصة في مصر - تكونت بعملية التذرية التي كشفت طبقات الأساس الصخرية مكونة ما يسمى بالوحدات oases. وبذلك يكون للرياح فعلها التدميري وأثرها المقيد. وتؤدي عملية التذرية بفعل الرياح إلى تكون معالم عديدة مميزة، ومثال ذلك تكون المنخفضات الضحلة العريضة والتي تسمح بالمنخفضات المذرية (blow-outs) والتي تتكون حينما يتركز أثر الرياح بعنف على صخور رخوة غير متصلة وكذلك على التربة. أما جراول التآكل lag-gravels فتتكون عندما تهب الرياح على التجمعات الصخرية غير

التماسكة فتؤدى إلى تطاير الجسيمات الصخرية الدقيقة بعيدا، مخلقة الجروول وكسر الصخور الغليظة فى مكانها. وتتكون الارصفة الصحراوية desert pavements عندما تتعرض تجمعات الجلاميد والحصى الغليظ وأجزاء من صخور حمراء اللون لعملية التذرية، مما يؤدى إلى ترابطها وتماسكها معا بشدة. مكونة سطحا ناعما قد يغطى بطبقة رقيقة من بعض أكاسيد الحديد والمنجنيز تشبه الطلاء، ومن ثم تسمى برنيقى (ورنيش) الصحراء desert varnish.

السحج Abrasion

تتم عملية السحج حينما تحمل الرياح الرمال المفككة وجسيمات الغبار كجزء من حمولة الرياح المنقولة. وتتم عملية السحج بالرياح كعملية لفح رملى sand-blasting طبيعى. ويتمثل الفعل التدميرى للسحج بالرياح فى تآكل الأعمدة الخشبية للتليفراف وسياج المنشآت وتكوين الحفر والأخاديد فى سطوح الصخور الصلبة. كذلك فإن النوافذ التى تتعرض دائما لتأثير الرياح وما تحمله معها من رمال، قد تصبح فى نهاية الأمر منقرة pitted، أو مشرحة أو متشطية chipped.

أما حبيبات الرمال نفسها التى تتم بواسطتها عملية السحج، فتتعرض هى أيضا لعملية الحت والبلى فتصبح هى الأخرى منقرة pitted وتقل أحجامها نتيجة لعملية الحت. وتلعب عملية السحج دورا مهما فى تكوين بعض الأشكال الأرضية، مثل تكوين الأعمدة الصخرية pedestals والموائد الصخرية table rocks التى تبدو على هيئة صخور منعزلة حدثت لها عملية نحر سفلى undercutting بفعل الرمال التى تحملها الرياح، (شكل ٨٤). بالإضافة إلى ذلك، فهناك أنواع معينة من الكهوف التى توجد على جوانب التلال والتى تؤدى عملية التحات بالرياح إلى جعلها فارغة (مفرغة) hollowed. ومن نواتج عملية تحات الرياح ما يسمى بالوجهرىحيات ventifacts وهى من الظواهر الشائعة، وتتمثل فى جلاميد وحصى، صقلتها الرياح المحملة بالرمال وكونت فيها أخاديد grooves وأوجه faces. وتنشأ هذه الوجهرىحيات حينما تهب الرياح المحملة بالرمال على أحد جوانب الحجر، فتشكله على هيئة سطح مستو (شكل ٨٥). وإذا تغير اتجاه الرياح السائدة، فقد تنشأ أوجه أخرى على الجوانب الأخرى للحجر. وإذا كان الحجر



شكل (٨٥)

وجهر رحيات، حجر زاوي الشكل بفعل الرياح



شكل (٨٤)

عمود صخري تكون بفعل التحات بالرياح

له وجه واحد تكون له في العادة حافة حادة واحدة وفي هذه الحالة يسمى «أحادي الوجه» einkanter «وهي كلمة ألمانية معناها حرف واحد "one-edge"، وإذا كان للحجر ثلاثة وجوه three- faces، فيكون شكله مثلثياً، ويسمى ثلاثي الوجه dreikanter، وكثيراً ما تتكون في الصحراء حبيبات كروية من الرمال تسمى رمال حبة الجأورس (الدُّخْن) millet-seed sands وهذه الرمال لا تحتوى على الميكا إذ طحتتها الرياح، وهي وسيلة مفيدة للتعرف على أصل الحجر الرملى. فالحجر الرملى الغنى بالفلسبار ولا يحتوى على الميكا فيكون من المحتمل أنه قد تكون في ظروف صحراوية قاحلة.

١٠- النقل بالرياح Transporation by Wind

تتحدد الطريقة التى تحمل بها الرياح حمولتها بشكل وحجم ووزن الجسيمات الصخرية، وكذلك بسرعة الرياح.

وتستمد المواد المتقولة بالرياح من أماكن تحتوى على كُسارة صخرية مجوأة ومتفككة (مثل سهول الفيضان، رمال الشواطئ والرواسب الثلجية glacial deposits وكذلك قيعان البحيرات الجافة). وبالإضافة إلى ذلك فالانفجارات البركانية تتج عنها كميات كبيرة من الرماد الخفيف أو الغبار الذى تحمله الرياح لتقله إلى أماكن أخرى.

وتستطيع الرياح أن تنقل كميات كبيرة من المواد لمسافات بعيدة جداً. ويتدحرج بعض من هذه المواد على الأرض؛ ويسمى حمولة الطبقة bed load، ويقال إن هذه الحمولة تتحرك بالجَرّ أو السَّحْب traction. ويتحرك بعض الجسيمات بالوثب saltation وهي حركات تقفز فيها جسيمات الرمال إلى أعلى ثم تعود إلى أسفل. وإذا كانت سرعة الرياح كبيرة بدرجة كافية، فقد تنقل الجسيمات والحبيبات كحمولة معلقة suspension مع الرياح. وتكون معظم الحمولة المعلقة على ارتفاع أقدام عديدة من سطح الأرض، بينما يحمل الغبار والجسيمات الأخف وزناً على ارتفاعات أعلى في الرياح الأكثر سرعة والتيارات الهوائية الأشد قدرة، وقد تنقل المواد المعلقة في المستوى العلوى للرياح إلى مسافات قد تصل إلى آلاف الأميال.

١١- الترسيب بالرياح Wind Deposition

تُرسب الرياح حمولتها عندما تقل سرعتها، أو عندما تساقط الأمطار أو الثلوج لتفصل الهواء وتجعله نظيفاً. وتقل سرعة الرياح عندما تضعف أو تضمحل أو عندما تعترض الرياح عوائق مثل الأشجار أو الأسوار. وتسبب الرياح في ترسيب أنواع معينة من الرواسب تعرف باسم الرواسب الريحية aeolian Deposits وتشمل:

ب- الطيس (اللويس) loess.

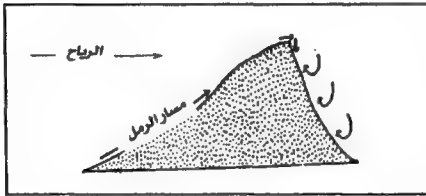
أ- الكثبان dunes.

أ- الكثبان Dunes

هي تلال أو تجمعات رملية رسيبها الرياح. وتختلف الكثبان في أشكالها وحجومها طبقاً لطبيعة الرياح المرسية وكمية الرمال المتاحة، وكذلك كمية وتوزيع الغطاء النباتي في المنطقة. وتتكون الكثبان في المناطق التي تتوافر فيها كميات كافية من الرمال المفككة غير المحمية unprotected، ورياح قوية كافية لتحريك هذه الرمال. وهذا النوع من المناطق يتمثل في الصحراوات الرملية، وسهول الفيضان الرملية والشواطئ الرملية sandy beaches على امتداد شواطئ البحار أو البحيرات. ويبدأ تكوين الكثيب عندما يعترض الرياح المحملة بالرمال عائق فيسبب في هبوط سرعة الرياح، وربما يكون ذلك العائق شجرة أو سياجاً fence. وحينما تضعف سرعة الرياح، تبدأ كمية قليلة من رواسب حمولة

الرياح فى التراكم على الجانب المدابر للعائق leeward side وباستمرار تراكم الرمال خلف العائق، يزداد ترسيب الرمال، لأن الرمال المتراكمة تصبح عائقا فى حد ذاتها. وتستمر هذه العملية إلى أن يصل ارتفاع الكتيب إلى أقدام عديدة. وقد يستمر الكتيب فى نموه وارتفاعه إلى أن يصل إلى مئات الأقدام.

والكتبان التى تتكون فى أماكن تهب فيها الرياح من اتجاه واحد ثابت، تكون لها جانبية profile مميزة (شكل ٨٦)، ويكون لمثل هذه الكتبان انحدار طويل ولطيف على الجانب المقابل للريح، بينما يكون الانحدار شديدا وقصيرا على الجانب المدابر للريح. وهناك علامات غائرة صغيرة تسمى علامات النيم ripple marks توجد على المنحدر المواجه (المقابل) لاتجاه الريح.



شكل (٨٦)

جانبية كتيب رملى نموذجى، اتجاه الأسهم يشير إلى مسارات الرياح

• هجرة الكتبان Migration of Dunes

معظم الكتبان الرملية لا تستقر فى أماكنها، لكنها تهجر ببطء عندما تهب الرياح، وتدفع الرمال إلى أعلى المنحدر اللطيف المواجه للريح وفوق قمة الكتيب، ومن هناك تنحدر الرمال أو تسقط إلى أسفل الجانب الشديد الانحدار المدابر للريح. وتكرار هذه العملية يؤدي إلى حركة الكتيب الرملى فى الاتجاه المدابر للريح.

وتسمى هذه الحركة باسم هجرة الكتبان. وبالرغم من أن هذه الحركة قد تكون بطيئة (لا تتعدى ٢٥ قدما فى العام)، فإن هناك بعض الكتبان التى تحركت

أكثر من مئة قدم فى العام الواحد. وتسمى الكثبان فى هجرتها إلى أن تغطىها النباتات vegetation، التى تحمى الرمال من الرياح. وتسمى الكثبان الرملية من هذا النوع باسم الكثبان المثبتة أو الثابتة fixed or stabilized. ولقد عرفت كثبان مهاجرة تتقدم فوق الغابات والمزارع والأراضى وخطوط السكك الحديدية والقرى، وفى بعض الحالات أمكن للإنسان أن يوقف حركة الرمال بزيادة النجيل grass والشجيرات shrubs أو الأشجار وكذلك بإقامة أسوار الحماية protective fences.

• أنواع الكثبان Types of Dunes

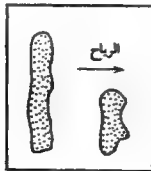
تختلف الكثبان الرملية كثيرا فى الشكل والحجم، ويتوقف ذلك على سرعة واتجاه الرياح وكمية الرمال المتاحة فى المنطقة.

• البرخان Barchans

هى كثبان هلالية الشكل، تتميز بطرفين يمتدان على هيئة جناحين مقوسين فى اتجاه الرياح (شكل ٨٧). ويتكون هذا النوع من الكثبان الرملية فى المناطق التى تهب منها الرياح فى اتجاه واحد ثابت.

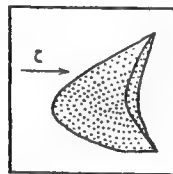
• الكثبان المستعرضة Transverse Dunes

يتكون هذا النوع بصفة خاصة على طول سواحل البحار وشواطئ البحيرات. وتنمو الكثبان المستعرضة بحيث يكون محورها الطويل متعامدا على اتجاه الرياح (شكل ٨٨). ويبلغ ارتفاع حيد الرمال فى هذا النوع من الكثبان من ١٠ إلى ١٥ قدما. وقد يصل طوله إلى نصف ميل تقريبا.



شكل (٨٨)

كثيب رملى مستعرض



شكل (٨٧)

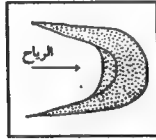
كثيب رملى «برخان»

الكثبان الطولية Longitudinal Dunes

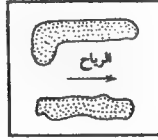
يسمى الكثيب الرملى الذى يكون موازيا لاتجاه الريح باسم الكثيب الطولى (شكل ٨٩). والكثبان السيفية Seif هى نوع خاص من الكثبان الطولية، وتشبه فى شكلها السيف العربى، وقد يصل ارتفاع الواحد منها إلى ٧٠٠ قدم، ويصل طوله إلى ٦٠٠ قدم. ويتحد بعضها ببعض لتكوّن مجموعات تسمى الحيويد Ridges التى تمتد أميالا عديدة عبر المناطق التى توجد فيها.

الكثبان الإهليلجية Parabolic Dunes

هى الكثبان التى لها شكل حرف U وتشبه البرخان، ومع ذلك فإن الطرف المستدق للكثيب الإهليلجى يشير إلى اتجاه الريح، بينما فى البرخان، يشير الطرف المستدق إلى أسفل الريح (شكل ٩٠).



شكل (٩٠)
كثيب رملى هلالى



شكل (٨٩)
كثبان رملية طولية

ب- الطيس Loess

الجسيمات الصخرية الدقيقة التى تحملها الرياح تتراكم أحيانا وتكون رواسب من الغبار تسمى رواسب الطيس (اللوس) loess. وتكون فى العادة ذات لون أصفر ودقيقة النسيج وغير متطبقة non-stratified وتتكون رواسب الطيس من كسر صغيرة حادة الزوايا من مجموعة من المعادن. وتستمد هذه المعادن من الغبار السطحى المتقول من الصحراء وسهول فيضانات الأنهار ورواسب الاكتساح الثلجى والدلتات. وتتميز رواسب الطيس بأنها لصيقة cohesive ولها قدرة على تكوين

جروف وعرة شديدة الانحدار أو ذات أسطح رأسية. ورواسب اللوس معروفة بقدرتها على تكوين تربة خصبة ذات نسيج صخري دقيق ولونها مائل إلى الاصفرار ولهذه التربة أهمية زراعية كبيرة فى المناطق التى تسقط فيها الأمطار.

وفى نهاية العصر الجليدى ترسب حزام من رواسب الطيس امتد من فرنسا حتى الصين، ويظهر هذا الحزام فى فرنسا على هيئة رواسب قليلة الثخانة من مواد مثلجية، ثم تبدأ ثخائته فى الازدياد بشتات عبر روسيا إلى أن يصل إلى أقصى ثخانة له فى الصين، حيث يتكون من مواد مستمدة من الصحراء.

١٢- الحركة الكتلية للصخور والتربة Mass Movement of Rocks and Soil

تحدث الحركة الكتلية mass movement عندما تتحرك المواد الأرضية إلى أسفل المنحدرات بفعل قوة الجاذبية. ويحدث هذا النوع من التحات فى أى منطقة ذات انحدار شديد بدرجة تكفى لتحرك الركام الصخرى إلى أسفل. ومن المعلوم أن كل سطوح الأرض تكون لها درجة معينة من الانحدار، وقدرة المنحدر على مقاومة الجاذبية تتوقف أكثر ما يمكن على القدرة التماسكية للمواد الأرضية المكونة للمنحدر.

وفىما يلى مناقشة لبعض العوامل الأخرى التى تساعد الجاذبية فى التغلب على مقاومة المنحدر لتحرك الصخور والحطام الصخرى إلى أسفل:

المياه Water

على الرغم من أن الحركة الكتلية قد تحدث لمواد جافة أو رطبة، إلا أن الماء يساعد كثيرا على حركة الحطام الصخرى إلى أسفل. ويؤثر الماء فى الصخور الصلصالية مما يجعلها زلقة slippery؛ والرطوبة تزيد من وزن الكتل الصخرية وتدفع جسيمات الصخر إلى الانفصال بعضها عن بعض، ومن ثم تتناقص درجة تماسك التربة soil cohesion.

التجمد والانصهار Freezing and Thawing

حينما يتجمد الماء الموجود فى فراغات الصخر والتربة، فإنه يتمدد، وتفتكك المواد الصخرية نتيجة للتجمد والانصهار المتبادل. وفى بعض الأحوال

يكون الثلج المتجمد كافيا لى يدفع الصخور إلى أسفل المنحدر. وتحدث هذه الظاهرة ويظهر أثرها فى المناطق العالية حيث يحدث التجمد والانصهار كل يوم تقريبا .

• التقويض السفلى Undercutting

يؤدى التقويض السفلى بفعل الأنهار وكذلك ما يفعله الإنسان من عمليات الحفر إلى إزالة الدعامات ومن ثم سقوط المواد إلى أسفل .

• النشاط العضوى Organic Activity

تدفع الحيوانات التى تسير على سطح الأرض (مثل الغزلان أو الماشية) المواد الصخرية لتسقط أسفل المنحدرات ، وكذلك تفعل الحيوانات الحفارة ما يسبب تكوين الحفر والفجوات بإخراج كسرة الصخور والتربة وإلقائها عند أقدام المنحدرات .

• موجات الارتطام Shock Waves

تسبب الذبذبات العنيفة التى تنشأ عن التصدع والتفجير ، وكذلك كثرة المرور الثقيل heavy traffic فى إحداث إجهاد stress على المواد الصخرية ، مما يؤدى إلى حركتها إلى أسفل المنحدر ، ومثال ذلك ما حدث فى المتزه القومى فى يلوستون Yellowstone National Park فى أميركا فى أغسطس ١٩٥٩ حينما حدث انزلاق أرضى من أثر زلزال حدث فى المنطقة .

وقد تحدث الحركة الكتلية فجأةً ويعنف ، كما هو الحال فى الانزلاقات الأرضية ، أو فى حالات زحف التربة soil creep . ولنتاشر الآن الأشكال المختلفة للحركة الكتلية للصخور سواء منها الحركات السريعة أو البطيئة .

١٢- الحركات السريعة Rapid Movements

تحدث معظم الحركات السريعة لمواد الأرض نتيجة للقوى التى تعمل بالتدرج على إضعاف الوشاح الصخرى على مدى زمنى طويل . وهناك أمثلة شائعة للحركات السريعة مثل :

• ركام السفوح Scree

يتكون ركام السفوح من كسارة الصخور المجوأة التي تتجمع عند أقدام الجبال أو الجروف. ويتراكم هذا الركام بالتدريج عندما تنفصل جسيمات الصخر من وجه الجرف وتتدحرج إلى أسفل.

• الانزلاقات الأرضية Landslides

تعد الانزلاقات الأرضية أعنف وأوضح أنواع الحركة الكتلية للصخور. وتتميز الانزلاقات الأرضية بأنها حركات فجائية لكميات كبيرة من الصخور والتربة تندفع إلى أسفل. وتحدث مثل هذه التحركات على الأسطح الشديدة الانحدار التي تتراكم فوقها صخور مجوأة. ويتغلغل ماء المطر أو الماء الناتج عن ذوبان الثلوج في داخل كتلة الحطام الصخري الموجود على سطح شديد الانحدار، فيضيف وزناً كافياً لجعل الكتلة تتحرك بأكملها وتنزلق إلى أسفل. ومن أمثلة الحركات السريعة، الانهيار الثلجي avalanches الذي تتحرك فيه الثلوج مع جزء من التربة والصخور. وتعد الانزلاقات الصخرية rock slides من أنواع الانزلاقات الأرضية المدمرة، إذ يحدث فيها تحرك الأساس الصخري وكذلك الوشاح الصخري في آن واحد.

• تدهور الصخور Slump

يحدث هذا النوع من الانزلاقات الأرضية عندما تتحرك الكتل الضخمة للمنحدر إلى أسفل وكذلك إلى الخارج (تنخلم) بفعل شد الجاذبية gravitational pull. وتحدث مثل هذه الحركات في المواد غير المتصلبة نتيجة للتقويض من أسفل under cutting أو نتيجة لزيادة درجة انحدار المنحدر إلى الحد الذي لا يستطيع أن يتحمل وزنه. وتحدث ظاهرة التدهور على طول ضفاف الأنهار أو جدران الوديان المنحدرة.

وهناك العديد من الانزلاقات الأرضية المدمرة التي لا يزال يتذكرها الأحياء، مثل الكارثة التي حدثت في ألبرتا Alberta بكندا في عام ١٩٠٣، حينما انفصلت فجأة كتلة صخرية تقدر بحوالي ٤٠ مليون ياردة مكعبة من واجهة جبل ترتل Turtle Mountain وهبطت فوق مدينة فرانك (وهي مدينة صغيرة قريبة من منجم

فحم) واندفعت هذه الكتلة الصخرية لمسافة ميلين وأربعمئة قدم من الجانب الآخر وقد كان مجمل زمن الحركة أقل من دقيقتين، وفقد سبعون من سكان بلدة فرانك أرواحهم فى هذه الفترة الزمنية القصيرة. وقد ينشأ تدهور الصخور بسبب إهمال الإنسان مثلما حدث فى كارثة أبرفان Aberfan عام ١٩٦٦ حيث حطم كوم من الخبث slag - heap مدرسة ومات العديد من الطلاب. وقد تنشأ الانزلاقات الأرضية عندما يقوم الإنسان بإنشاء الجسور .

• انسياب الطين Mud flow

عندما تختلط كتل صخرية كبيرة وتربة بالماء يصير قوام هذا الخليط مثل الطين ويمكن أن يحدث له انسياب . ويحدث هذا النوع من الانسياب فى بعض المناطق القاحلة والمناطق الجبلية شبه القاحلة، التى تتعرض لامطار غزيرة بشكل غير عادى. وكقاعدة عامة، فإن هذا الانسياب ينشأ فى الأخاديد ذات الجدران المنحدرة بشدة، ويتخذ انسياب الطين مجرى له إلى أسفل الوادى وقد يسبب دمارا كبيرا للأشياء التى تتعرض مساره.

• انسياب التراب Earthflow

يختلف انسياب التراب عن انسياب الطين من حيث كمية الماء التى يحتويها. وينساب التراب عادة ببطء أكبر من انسياب الكتل الطينية المائعة.

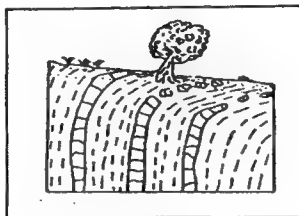
١٤- الحركات البطيئة Slow Movements

بالرغم من أن الحركات البطيئة تفتقر إلى عنصر المفاجأة، إلا أن النتائج الجيولوجية النهائية لها، قد تكون أكبر من تلك التى تسببها الحركات السريعة.

• زحف التربة Soil Creep

تؤدى الجاذبية إلى حركة المواد الصخرية إلى أسفل عن طريق زحف التربة، وهذه الحركة بطيئة للغاية وتحدث عادة على المنحدرات الرطبة والتى لا تكون منحدره بشدة للدرجة تسمح بحدوث الانزلاقات الأرضية. وعندما يتحرك الوشاح الصخرى ببطء إلى أسفل، فقد يتسبب فى إمالة الأشجار وتحريك الأسوار من

الصخرى ببطء إلى أسفل، فقد يتسبب فى إمالة الأشجار وتحريك الأموار من مكانها وتحرّيف الطبقات الصخرية (شكل ٩٠). وقد تتزايد سرعة زحف التربة بفعل الصقيع، نتيجة للتجمد والانصهار التبادلى، وكذلك نتيجة لفعل بعض النباتات والحيوانات.



شكل (٩٠)

زحف التربة

(لاحظ تحرك الطبقات لأسفل، وإمالة الأشجار)

• سيلان التربة Solifluction

هى حركة إلى أسفل تميز المناطق التى تتجمد فيها الأرض لأعماق ملحوظة. ويحدث سيلان التربة عندما يذوب الجزء العلوى للوشاح الصخرى ويصبح مشبعاً بالماء. بينما الجزء الذى تحته والذى لا يزال متجمداً يعمل كسطح انزلاقى للجزء المشبع بالماء من الوشاح الصخرى فيتحرك هذا إلى أسفل، حتى لو كان الانحدار لطيفاً وبسيطاً. ويعد سيلان التربة ظاهرة مميزة فى المناطق المتجمدة وشبه المتجمدة ومناطق الجبال العالية.

الفصل التاسع

المحيطات والخطوط الساحلية

OCEANS AND SHORELINES

تغطي محيطات العالم ما يقرب من ٧١ ٪ من سطح الأرض، وترسب في البحار أغلب التربة التي تجرف من سطح الأرض نتيجة لعمليات التحات. وبالإضافة إلى الأهمية الكبيرة للمحيطات من الناحية الجيولوجية فإن لها فوائد كثيرة للإنسان، فهو يستخدمها طرقًا للتجارة، بالإضافة إلى أنها المسئولة عن تنظيم المناخ، وتعد أيضا المصدر الأول للماء. وتبلغ مساحة سطح المحيطات ما يقرب من ١٥٠ مليون ميل مربع (٤٠٠ مليون كم^٢). وتغطي المحيطات ٨١ ٪ من سطح نصف الكرة الجنوبي، كما أنها تغطي ٦١ ٪ من سطح نصف الكرة الشمالي. والمحيطات أجسام مائية متصلة وعلى ذلك فإن أية سفينة تستطيع أن تبهر من أى محيط إلى المحيطات الأخرى. وتشمل المحيطات الخلجان المتصلة بها سواء منها الكبيرة أو الصغيرة، وهكذا فالبحر الأبيض المتوسط يعد هو والبحر البلطيقى أجزاءً من المحيط الأطلنطي.

١-تقسيم المحيطات Division of Oceans

يميز الجغرافيون وجود خمسة محيطات هي المحيط الهادى والمحيط الأطلنطي والمحيط الهندي والمحيط المتجمد الشمالى والمحيط المتجمد الجنوبي. ويعد للمحيط الهادى أكبر المحيطات وأعماقها، ويمثل $\frac{2}{8}$ المساحة الكلية للمياه تقريبا. ويقع أعرض جزء من هذا المحيط عند خط الاستواء ويبلغ عشرة آلاف ميل (١٦ ألف كيلو متر تقريبا) والمحيط الأطلنطي هو الثانى فى ترتيب المحيطات من حيث المساحة، ويشكل ربع المساحة الكلية للمحيطات، ويتردد عرضه بين

٢٠٠٠ و ٤٢٠٠ ميل (أى ٣٢٠٠-٦٧٠٠ كم). وثالث المحيطات من حيث المساحة هو المحيط الهندى، ويبلغ قطره حوالى ٦٠٠٠ ميل (٩٦٠٠ كيلو متر تقريبا) وهو يشكل $\frac{1}{8}$ (ثمان) المساحة الكلية للمياه. ويعد المحيط المتجمد الشمالى امتدادا للمحيط الأطلنطى ويتردد عرضه بين ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ ميل (٢٤٠٠-٤٨٠٠ كيلو متر)، ويشكل $\frac{1}{10}$ من المساحة الكلية للمياه، وتغطى سطح المحيط المتجمد الشمالى طبقة من الجليد سمكها يتردد بين ٨ و ١٠ أقدام، تظل متجمدة معظم العام. أما المحيط المتجمد الجنوبي فيمثل القدر المتبقى من مياه المحيطات وهو يحيط بالكتلة البرية حول القطب الجنوبي والمساء بالقارة القطبية الجنوبية Antarctica.

٢- عمق المحيطات Depth of the Oceans

كما أشرنا من قبل، فإن المحيط الهادى يعد أعمق المحيطات، إذ يبلغ عمق مياهه ١٤ ألف قدم (حوالى ٤٣٠٠ متر). وأعمق جزء فيه هو منطقة ماريانا Mariana، التى تقع غرب المحيط الهادى ويبلغ العمق عندها ٣٥٨٠٠ قدم. ويأتى المحيط الهندى فى المرتبة الثانية من ناحية العمق، ويبلغ متوسط عمقه ١٣ ألف قدم تقريبا، فى حين أن متوسط العمق فى المحيط الأطلنطى يبلغ ١٢٨٠٠ قدم تقريبا، ويبلغ متوسط عمق المحيط المتجمد الشمالى ٤٠٠٠ قدم مما يجعله ضحلا بالنسبة للمحيطات الأخرى.

وأغوار المحيطات هى الأماكن التى يزيد عمق الماء فيها على ١٨ ألف قدم، ويوجد ٥٧ مكانا من هذا النوع فى المحيطات، ويشمل المحيط الهادى منطقة ماريانا التى تقع بالقرب من جزيرة جوام Guam وهناك أيضا غور سواير Swire Deep أو وهدة الفلين Philippine Trough (٣٥٤٣٠ قدم) الذى يقع فى شمال شرق جزيرة منداناو Mindanao. ويبلغ أعمق مكان فى المحيط الأطلنطى ٢٩ ألف قدم (أى قدر ارتفاع قمة جبل إفرست Everest). ويقع فى غور ملووكى Milwaukee أو وهدة بورتوريكو Puerto Rico Trough شمال بورتوريكو مباشرة.

والعمق فى المحيطات يفوق الارتفاع فى سطح الأرض، ومما يثبت ذلك أن متوسط العمق فى البحار يبلغ ١٣٠٠٠ قدم (حوالى ٢,٥ ميل) بينما يبلغ متوسط الارتفاع على سطح الأرض ٢٦٠٠ قدما (أى حوالى ميل واحد). وهذا يعنى ببساطة أنه إذا افترضنا أن القارات قد تعرضت لعمليات التحات، وألقيت المواد التى نتجت عن التحات فى المحيطات، فسوف تظل الأرض مغطاة ببحر عالمى كبير متوسط عمق الماء فيه ميلين.

٣- تركيب مياه المحيط Composition of Ocean Water

تحتوى مياه المحيط على كميات هائلة من الغازات الذائبة؛ مثل الأكسجين والنتروجين وثنائى أكسيد الكربون، بالإضافة إلى مواد معدنية أخرى، وتشمل المواد الصلبة الذائبة فى مياه البحار حسب النسب المئوية لوجودها وكذلك رموزها الكيميائية ما يأتى:

٧٧,٧٦%	NaCl	كلوريد الصوديوم
١٠,٨٦%	MgCl ₂	كلوريد المغنسيوم
٤,٧٤%	MgSO ₄	كبريتات المغنسيوم
٣,٦٠%	CaSO ₄	كبريتات الكالسيوم
٢,٤٦%	K ₂ SO ₄	كبريتات البوتاسيوم
٠,٣٤%	CaCO ₃	كربونات الكالسيوم
٠,٢٢%	MgBr ₂	بروميد المغنسيوم

ومن الواضح أن المواد الصلبة الموجودة فى مياه المحيطات هى الأملاح، ويكون كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ٧٥ ٪ من إجمالى المواد الصلبة الذائبة فى مياه المحيطات. ولكن من أين تأتى هذه الأملاح؟

يأتى الجزء الأكبر من هذه الأملاح من عملية غسل التربة والصخور، ثم نقل الأملاح الذائبة عن طريق الأنهار. وقد تختلف نسبة الأملاح التى تحتويها مياه المحيط من منطقة لأخرى. فمثلا، قد تحتوى مياه المحيط على نسبة أكبر من

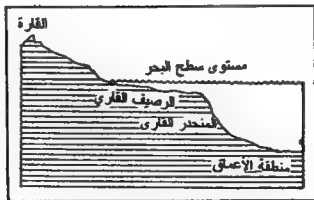
الأملاح فى المناطق التى يحدث فيها تبخرٌ بدرجة كبيرة، وتنخفض نسبة الأملاح فى المحيطات فى الأماكن الباردة أو الأماكن التى تتعرض لامطار غزيرة، وكذلك فى الأماكن التى تلتقى عندها الأنهار والبحار.

٤- الحياة فى المحيط Life in Ocean

يموج البحر بأعداد لا تحصى من النباتات والحيوانات. وهذه الكائنات إما أن تكون طافية أو سباحة أو زاحفة، أو تحفر لها أماكن فى أرضيات المحيطات. وهناك أيضا بعض النباتات والأعشاب التى تفرز الكالسيوم وكذلك المرجان التى تبنى لها هياكل جيرية كبيرة تسمى الشعاب reefs. وتوجد أغلب الحياة البحرية فى الأماكن الضحلة التى تقع عند حافات البحار على سواحل القارات فيما يطلق عليه اسم البحار فوق القارية epicontinental seas. ومعظم التكاوين الصخرية المحتوية على حفريات ترسبت فى بحار مماثلة فى أزمنة ما قبل التاريخ.

٥- أرضية المحيط The Ocean Floor

توجد بأرضية المحيط سلاسل جبلية وهضاب ومجالم طوبوغرافية بارزة تشبه تلك التى توجد على سطح الأرض. لكن الطوبوغرافيا الموجودة تحت الماء تعتبر أقل وعورة rugged من طوبوغرافيا سطح الأرض بشكل عام. وتنقسم أرضية المحيط إلى ثلاثة أجزاء: الرف القارى والمنحدر القارى والمنطقة السحيقة التى تكون أرضية المحيط العميقة. (انظر شكل ٩٢).



شكل (٩٢)

الأقسام الأساسية لأرضية المحيط

• الرف القارى Continental Shelf

يطلق اسم الرف القارى على الأجزاء الحافية المنبسطة للقارات والتي تغطيها مياه البحار. وتنحدر الرفوف القارية من سواحل القارات تدريجيا متجهة نحو المحيط. ويبلغ متوسط عرض الرف القارى ٤٠ ميلا تقريبا. ويبلغ متوسط عمق الماء فيه ٤٠٠ قدم.

• المنحدر القارى Continental Slope

عند الحروف الخارجية للرف القارى، تزداد درجة انحدار أرضية البحر بشدة، حتى أن انحدار بعضها يزيد على ٣٠٠٠ قدم فى مساحة صغيرة نسبيا. ويحدث ذلك فى الأماكن العميقة من المحيط. وتوجد أخاديد بحرية عميقة deep submarine canyons فى بعض الأماكن على أرضيات المنحدرات القارية والرفوف القارية، وأحد هذه الأخاديد هو أخدود هدسون تحت البحرى Hudson Submarine Canyon، الذى يبلغ عمقه ٢٤٠٠ قدم وعرضه حوالى ثلاثة أميال وطوله ١٢٥ ميلا. ويبدو هذا الأخدود وكأنه امتداد لوادى نهر هدسون.

وهناك أخاديد أخرى ليست امتدادا لوديان الأنهار، وأصل تكوين هذه الأخاديد ليس معروفا بالضبط. ويعتقد بعض العلماء أن هذه الأخاديد تكونت بفعل تحركات الأرض تحت الماء والتحات الناتج عن المد والجزر، وكذلك التفسير فى منسوب سطح البحر خلال الفترات الجليدية، وتيارات التكمير (أو الماء المحمل بالطين والمتحرك بسبب كثافته العالية بسرعة تختلف عما يجاوره).

• أرضية البحار العميقة أو المنطقة السحيقة Deep-Sea Floor or Abyssal Zone

هى ذلك الجزء من أرضية المحيط الذى يمتد من قاعدة المنحدر القارى إلى البحر، ويطلق عليه أرضية البحار العميقة أو المنطقة السحيقة. ويلاحظ أن أرضية المحيط ليست منبسطة، لكن توجد بها سلاسل جبلية، وقمم بركانية، ووديان، وأحواض عميقة. وتتميز أرضية قاع المحيط بما يلى:

- السهول السحيقة Abyssal Plains

هى مناطق منبسطة وكبيرة يزداد عمقها بالتدرج بواقع خمسة أقدام لكل ميل تقريبا.

- أخاديد البحار العميقة Deep-Sea Trenches

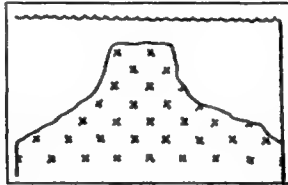
يطلق عليها أيضا اسم أغوار المحيط، وهي أحواض ضيقة ومستطيلة، توجد على قاع البحر، ويوجد الكثير منها عند سفح المنحدر القارى وبالرغم من أن أصلها غير معروف، إلا أنها قد تصاحب التصدع تحت البحر submarine faulting.

- جبال البحر Sea mounts

هي مرتفعات منعزلة تشبه الجبال، ويبلغ ارتفاعها عادة ٣ قدم، وقد توجد هذه الجبال على الحيوذ الوسطى (مرتفعات ضيقة شديدة انحدار الجوانب تبرز من أرضية المحيط). وقد توجد أيضا على أرضية المحيط العميقة نفسها.

- الجيوتات Guyots

هي تلال ذات قمم منبسطة (انظر شكل ٩٣)، ترتفع من قاع المحيط ويغطيها في العادة من ٣٠٠٠-٦٠٠٠ قدم من الماء. ويعتقد أن جيوتات المحيط الهادى المشهورة هي براكين مغمورة بالماء submerged volcanoes كشطتها حركة الأمواج.



شكل (٩٣)

«جيوت»

- يوجد على عمق من ٣٠٠٠-٦٠٠٠ قدم تحت الماء

٦- حركات البحر Movements of the Sea

يمكن لأى شخص يشاهد الحركة الدائمة القلقة لأمواج البحر، أن يفهم مدى فعل البحر وأثره كعامل جيولوجى. فالمد والحزر والتيارات والأمواج والأنماط

الرئيسية من تحركات مياه المحيط، تعمل دائما على تغيير شكل الصخور التي توجد بالقرب من الشاطئ.

وأسابح حركة البحر التي لا تهدأ، متنوعة ومعقدة، لكنها ترجع بالدرجة الأولى إلى المد والجزر والرياح وتغيير كثافة مياه البحر وكذلك حركة دوران الأرض.

• المد والجزر Tides

يسبب المد والجزر ارتفاع وانخفاض المياه في البحار على فترات (مرة كل ١٢ ساعة و ٢٦ دقيقة)، فالمد يتسبب في ارتفاع منسوب مياه المحيط تدريجيا، حتى يبلغ المد مداه بعد ٦ ساعات و ١٣ دقيقة، ثم تبدأ المياه في التراجع ببطء على نفس المدى الزمني، وأثر المد والجزر ضئيل في البحار المفتوحة، والفرق بين المد والجزر يبلغ قدمين، ويسمى هذا الفرق بمدى المد tidal range. لكن مدى المد يزداد زيادة كبيرة بالقرب من الساحل، فقد يتردد بين قدمين (أو أقل قليلا) في البحر المتوسط وثلاثين قدما في ممرات المياه الضيقة، كما هو الحال في إقليم مرسى Mersey وقناة برستول Bristol، في إنجلترا، حيث يبلغ المد في فصل الربيع أكثر من أربعين قدما في الارتفاع. وتوجد أماكن أخرى في العالم يبلغ ارتفاع المد فيها ٥٠ قدما. ويعزى السبب في الارتفاعات المدية الكبيرة في قناة برستول إلى الارتفاع المفاجئ في المد tidal bore وهو عبارة عن جدار من الماء يتقدم بقوة، ويتبع من دخول المد في خلجان صغيرة وعند مصبات الأنهار.

ويختلف مدى المد حسب أطوار القمر وبعده عن الأرض. ومن العوامل التي تؤثر في مدى المد، نوعية الخط الساحلي والتضاريس الطبيعية لأرضية المحيط. وتنشأ حركة المد والجزر نتيجة لتأثير جاذبية القمر للمياه التي توجد على سطح الأرض، كذلك فإن قوة جذب الشمس تؤدي إلى ارتفاع المد أيضا. بالإضافة إلى أن القوى الطاردة المركزية الناشئة عن دوران الأرض تساعد على زيادة أثر القوى الآتية من الشمس والقمر على عملية المد.

• التيارات Currents

تسمى التحركات المحدودة لكل من مياه البحر باسم تيارات المحيط، وتتبع عن فعل الرياح أو المد والجزر أو الاختلاف في درجة تركيز الأملاح، وكذلك تتبع

عن حركة دوران الأرض ونسبة تركيز الماء العكر والماء المحمل بالطمي، هذا بالإضافة إلى أن التغيرات التي تطرأ على كثافة الماء بسبب تغيرات درجة الحرارة تسبب حدوث التيارات المائية أيضا.

ومن التيارات المائية المهمة، تيار الخليج Gulf Stream والذي يعرف باسم انحراف شمال الاطلنطي North Atlantic Drift عندما يصل تأثيره إلى السواحل الشمالية والغربية لأوروبا. وتيار الخليج هو المسئول عن فصول الشتاء المعتدلة نسبيا ببريطانيا، وهو الذي يجلب معه القوة الغنية ويشجعها على الاقتراب من هذه الشواطئ. وبالإضافة إلى تيارات المحيط، فهناك أنواع من التيارات الساحلية القاصرة على المناطق الساحلية، وتشمل تيار السحب السفلى undertow، وهو تيار مائي يتجه نحو البحر تحت الموجات الوافدة نحو الشاطئ. وكذلك تيارات القَطْع rip currents (وتنشأ بسبب الماء العائد إلى للمحيط)، وهو من التيارات السريعة الملاصقة والموازية لخط الساحل، وأيضا تيارات السواحل الطويلة long shore currents التي تنشأ عن الموجات التي تضرب الشاطئ بزاوية مائلة، وتؤدي إلى خلق تيارات موازية لخط الشاطئ. ولتيارات السواحل الطويلة أهمية كبيرة في تشكيل خطوط السواحل.

الأمواج Waves

تنشأ الأمواج نتيجة لاحتكاك الرياح مع سطح الماء، وهي عبارة عن حركة الماء الرأسية من أعلى إلى أسفل. ويتحرك سطح الماء بفعل حركة الأمواج وفي الاتجاه الذي تهب فيه الرياح. وتتكون كاسرات الأمواج breakers عندما تدخل الموجة إلى المياه الضحلة بالقرب من الشاطئ. ويؤخر قاع المحيط الجزء السفلي من الموجة، في حين أن جزءها العلوي يكون له قصور ذاتي هائل، مما يسبب شدة اندفاع الموجة ثم كسرها.

وتختلف الأمواج كثيرا في حجمها، فمنها الأمواج الصغيرة التي يحركها نسيم خفيف، ومنها الأمواج الضخمة التي قد يبلغ ارتفاع الموجة منها من ٢٥ إلى ٥٠ قدما، وتنشأ بسبب العواصف. وقد تنشأ أضرار مادية جسيمة من الأمواج الضخمة العالية، وذلك عندما تندفع الأمواج عبر الأراضي المنخفضة التي تقع على الساحل. كذلك تنشأ الأمواج الجبارة نتيجة للزلازل التي تحدث أحيانا في قاع

المحيط. وتعد هذه الأمواج المعروفة باسم التسونامى Tsunami من أضخم أمواج المحيط وأكثرها قدرة على التدمير، وسوف نتناول هذا النوع من الأمواج بالدرس فى الفصل الحادى عشر.

والعمل الجيولوجى للبحر يشبه العمل الجيولوجى للسماء والمثلج والرياح. فالبحر يؤدى دوره فى التحات والنقل والترسيب وذلك عن طريق الأمواج والتيارات المسببة للأمواج وقد يكون تأثيرها على خط الساحل واضحا وجليا.

٧-التحات البهرى Marine Erosion

عندما تهاجم الأمواج الشواطئ فإنها تسبب تحاتا فيها عن طريق مجموعة من العمليات المترابطة. ويعتمد مدى تأثير الشاطئ وتآكله ومقاومته على نوعية وطبيعة صخور الشاطئ. وكذلك على عنف الأمواج. وفى حالات نادرة، لاحظ أصحاب المنازل القريبة من الشاطئ والتي تحيط بمنازلهم حدائق جميلة، أن مساحة حدائقهم تضاعف فى كل عام، وأن منازلهم ذاتها تحطم بالتدريج وتترلق فى الماء.

عمليات التحات البهرى Processes of Marine Erosion

يحدث التحات بفعل الأمواج بطرق عديدة، مثل التحطيم نتيجة للفعل الهيدروليكي للماء، عندما تضرب الأمواج العاتية رسوبيات ورخوة ضعيفة التصلب أو الصخور المتفصلة. كذلك قد يتعرض الساحل لعملية السحب abrasion، حينما تحمل الأمواج والتيارات الشديدة فتات الصخور، التى تطحن بعض صخور الشاطئ وتهدمها. وعندما تكون الصخور المكشوفة للشاطئ من الحجر الجيري، فإنها تتأثر بالذوبان والتفتت بفعل الأمواج.

المظاهر التى تنتج عن التحات البهرى Features Formed by Marine Erosion

تكون كثير من المظاهر الطبيعية الخلابة على السواحل، نتيجة لعملية التحات الموجي، وبعض هذه المظاهر هي:

جروف البحر Sea Cliffs

تسمى جروف البحر أحيانا باسم جروف قطع الأمواج (شكل ٩٤). ويتكون جرف البحر من تكهف الصخور المعلقة، بعد أن تكون الصخور التى تحة

قد تم نحاتها بواسطة الأمواج. ويكون الجرف عموديا وهو من الأشكال المألوفة. ومن أشهر الأمثلة جروف دوفر العمودية الطباشيرية البيضاء. وهناك أيضا حروف أسنان المنشار saw-tooth cliffs التي توجد حول خليج أستراليا العظيم Great Australian Bight، ويبلغ طول الجرف ٧٢٠ ميلا، وتعد أطول امتداد متصل لجروف بحرية في العالم.



شكل (٩٤)

مظاهر متكونة بالتحركات البحرية والترسيب

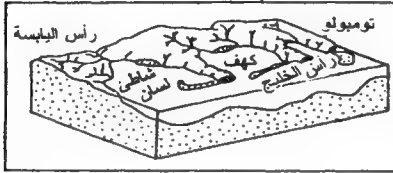
• منصبات قطعنها الموج Wave-Cut Benches

هي بنيات تشبه المنصات المنبطة نسبيا، وتمتد من قاعدة الجرف في اتجاه البحر، وتسمى أيضا شرفات قطعنها الأمواج (شكل ٩٤). وتعد هذه المنصات من المعالم المميزة لساحل يوركشير بين ويتباي Whitby وخليج روبين هود بيب بريطانيا. وتوجد معالم أخرى على هذه الشواطئ مشابهة لقواعد المنصات pedestals التي ذكرت في الفصل الثامن. وفي هذه الأماكن نجد أن طبقات الطفلة الدكناء dark shale قد تلاشت وخلفت رؤوسا من مواد أكثر صلابة، تنتصب في هيئة أشكال عش الغراب.

• الرؤوس البرية Headlines or Promontories

هي بروزات تشبه أصابع اليد، تتكون من صخور ذات درجة مقاومة عالية، تمتد في البحر (شكل ٩٥). ومن أمثلة الرؤوس البرية، التكاوين الطباشيرية الصلبة في كلفردون Culver Down على جزيرة وايت Wight، التي تكون منصة من

أرض مرتفعة تقع بين خليج الجرف الأبيض Whitecliff Bay وخليج ساندون Sandown، حيث حدثت عملية التحات فى الجروف الأحداث للصخور الإيوسينية، بينما حدث التحات فى صخور الدور الطباشيرى فى منطقة خليج ساندون . وتسمى التمرجات المائية التى توجد بين هذه الرؤوس البرية بالشروم Coves كتلك الموجودة فى دورست بإنجلترا.



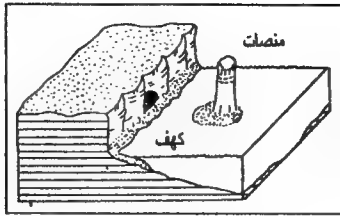
شكل (٩٥)
مظاهر خط الشاطئ
التي يكونها التحات
البحرى والترسيب

الكهوف والأقواس والقوائم البحرية Sea Caves , Sea Arches and Stacks

نشأ الكهوف البحرية عن الحركة الدائبة للأمواج، نتيجة لفعل الأمواج فى تفريغ الجرف البحرى من الداخل. ومن الأمثلة الجيدة التى يمكن مشاهدتها تلك الموجودة عند «رأس فلامبور» Flamborough Head فى يوركشير، حيث يظهر الشاطئ نوعية خاصة من التحات تسمى «فجوات المحاليل solution hollows» وهنا تؤثر المحاليل كيميائياً على الشاطئ المقطوع بالأمواج wave cut والمكون من الطباشير، ويؤدى ذلك إلى تكوين ثقب وفجوات. وقد تخترق الأمواج تماماً رأساً من هذه الرؤوس البحرية، فتشكل أقواساً بحرية. وإذا انهار القوس فإن الصخور المتبقية عند الرأس تنفصل لتكون قوائم بحرية stacks، والمثال الواضح على ذلك يمكن مشاهدته فى جزيرة وايت Wight (انظر شكل ٩٦).

٨- النقل البحرى Marine Transportaion

ليست الأمواج والتيارات المائية هى أهم عوامل التحات الرئيسية فقط، لكنها أيضاً عامل مهم من عوامل النقل، فالتيارات التحسطنية undertow وكذلك



شكل (٩٦)

مظاهر ساحلية تكونت بالتحات البحرية

التيارات العنيفة المتدفقة rip currents، تحمل جسيمات الصخور إلى البحر، حيث تلتقطها التيارات الساحلية، وتنقلها إلى مناطق أكثر عمقا. وهذه المواد المنقولة إما أن تكون في صورة مذابة أو معلقة suspension وتجرفها التيارات البحرية إلى مسافات طويلة، حيث يتم ترسيبها في أماكن بعيدة عن الساحل. وهناك تعرض لمزيد من عمليات التحات، فتصبح جسيمات الصخور المفتتة والمنقولة أكثر استدارة وأقل حجما.

٩- الترسيب البحري Marine Deposition

عندما تنخفض سرعة الأمواج والتيارات البحرية، فإنها ترسب حمولتها. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأمواج القريبة من الشاطئ تلقي بالرواسب الفتاتية وجسيمات الصخور على الشاطئ، وتكون مكونة دائما من فتات الصخر الذي تكون بفعل التجوية الميكانيكية للمقارات، وهي تختلف كثيرا عن الرواسب البرية terrestrial أو الرواسب القارية continental.

• المعالم تتكون بفعل الترسيب البحري

في الوقت الذي تحدث فيه عملية التحات في منطقة معينة من الشاطئ تحدث عملية ترسيب بحري في أماكن بين المد العالي والمنخفض تعرف باسم الرواسب الشاطئية littoral deposits. وهذه المعالم الترسيبية، مثل تلك التي تتكون بالتحات البحرية، تتميز معظم خطوط الشواطئ وأمثلتها ما يأتي:

• القضاض (جمع قَضْنَة) Beaches

القَضْنَة هي تراكمات الحطام الصخرى التى تترسب على خط الساحل، فوق مستوى الجزر المنخفض. وهى من المعالم الانتقالية، ومع أن معظم الشواطئ تكون رملية فى العادة، إلا أنها قد تتكون من الحصى والجروول والحصباء والأصداف والطين أو خليط من كل هذه الأنواع.

• الحواجز البحرية (Barrier) Offshore Bars

تراكمات من الرمال طويلة وضيقة وموازية للشاطئ، لكن تفصلها عنه لاجونات lagoons ضحلة. ومن الأمثلة الواضحة، شاطئ شيسيل Chesil الذى يقع بالقرب من دورست Dorset ويمتد لمسافة ١٦ ميلا تقريبا من بردهورت Bridport إلى بورتلاند Portland بإنجلترا، ويتكون من الحصى الذى نشأ محليا من صخور المنطقة، كذلك من الصخور البعيدة عند ديفون Devon وكورنول Cornwall بإنجلترا.

• الألسنة البرية والمعقوفات Spits and Hooks

الألسنة البرية هي تراكمات من الرمال والحصى ضيقة وطويلة تمتد فى الماء، وتتصل بالبر من جانب واحد (شكل ٩٥)، وعندما يتقوس جانب اللسان فى اتجاه الشاطئ يسمى معقوفا hooked وهناك أمثلة من الألسنة البرية والمعقوفات فى منطقة سولنت Solent بإنجلترا.

• التومبولات Tombolos

التومبولو tombolo هو حاجز من الرمال والجروول يربط بين جزيرة وأخرى، أو يربط بين جزيرة والبر. وتسمى الجزر التى تتصل بالبر بواسطة التومبولات باسم «الجزر المربوطة» tied islands وتعد جزيرة بورتلاند بإنجلترا من الجزر المربوطة، إذ يربطها تومبولو بالبر الرئيسى عند وايموث Weymouth، وجبل طارق Gibraltar أيضا يعد من الجزر المربوطة. وفى عام ٣٣٠ قبل الميلاد، بنى الإسكندر الأكبر التومبولو الصناعى بطول ٦٥٠ ياردة من أنقاض مدينة قديمة محطمة ليصل به

جزيرة تاير Tyre القديمة بالبر، لكن هذا التومبولو طمره الطمي منذ زمن بعيد. وبعض الجيولوجيين يرى أن التومبولو يتكون من الجزيرة والحاجز الذي يصلها بالبر، وليس من الحاجز فقط كما ورد في التفسير الذي ذكرناه سابقا.

• الشرفات المبنية بالواج Wave - Built Terraces

تسمى الرسوبيات التي تتراكم في المياه العميقة، خلف الشرفات المقطوعة بالأمواج باسم الشرفات المبنية بالأمواج. ومثال هذه الشرفات تلك الموجودة في جنوب غرب أيرلندا من كورك Cork حتى كيرى Kerry.

وهناك أمثلة أخرى مثل سواحل ريا Ria في شمال غرب ألبانيا، وسواحل الفيوردات fiords في النرويج ونيوزيلندا. وقيام مثل هذه السواحل يعد نتيجة مباشرة للتغيرات التي حدثت في فترة ما بعد الجليد post-glacial period.

١٠- تطور خط الشاطئ Shoreline Development

يتطور خط الشاطئ على مدى فترات طويلة من الزمن، نتيجة لتغيرات في منسوب سطح البحر، يدعمها التحات بالأمواج والتيارات. وقد اقترحت تصنيفات عديدة للشواطئ، لكن لم يستقروا بعد على التصنيف الذي يجب أن يتبع ويؤخذ به.

وفيما يلي ملخص لاثنتين من أكثر التصنيفات شيوعا وهما:

أ- تقسيم جونسون Johnson's Classification

وضع الأستاذ د. و. جونسون الأستاذ بجامعة كولومبيا أسس هذا التصنيف واقترحه لأول مرة عام ١٩١٩ م. ويقوم على فكرة تحركات الأرض بالنسبة لمنسوب البحر، أو بمعنى آخر، على أساس ارتفاع أو هبوط الساحل. ويضم هذا التصنيف أربعة أنماط من خطوط السواحل هي:

• خطوط سواحل القمر Shorelines of Submergence

تنشأ هذه الخطوط الساحلية نتيجة لهبوط كتلة برية أو لارتفاع منسوب البحر، ويكون هذا النوع من السواحل عميقا وغير منتظم الشكل عادة، ويتميز بوجود كثير من الرؤوس والخلجان والوديان الغارقة drowned valleys التي

أصبحت خلجانا صغيرة، أو مصبات أنهار، أو جزرا، أو جروفا بحرية أو ألسنة أو حواجز أو تومولات على طول خط الساحل.

• خطوط السواحل البارزة Shorelines of Emergence

تُظهر خطوط السواحل التي برزت حديثا حدودا منتظمة وحواجز بحرية ولاجونات، أما خلجانها فقليلة نسبيا. وهي تتميز كذلك بالسهول الساحلية المنبسطة، التي تمثل جزءا قد ارتفع من أرضية البحر القديم. ومثل هذا النوع من السواحل ليس شائع الانتشار، إذ إن عملية الرفع uplift لا بد أن تقاوم تأثير الغمر submergence، وعلى ذلك فإن أكثر أنواع خطوط السواحل البارزة شيوعا هي الخطوط الساحلية المركبة compound، والتي سيأتي شرحها فيما بعد، وعلى سبيل المثال فإن خط الشاطئ في فنلندا أوشك أن يصبح من الشواطئ البارزة emergent، لكن عملية إعادة الضغط الأيزوستاتيكي isostatic readjustment لم تستكمل بعد. ومن الأمثلة الممتازة على ذلك النوع من الشواطئ ما يوجد على طول ساحل تكساس في خليج المكسيك.

• خطوط السواحل المتعادلة Neutral Shorelines

خطوط السواحل المتعادلة هي تلك التي لا تكون مغمورة أو بارزة، وتتكون نتيجة لبناء الدلتات عند مصبات الأنهار، أو نتيجة لسهول الكسح out wash التي توجد في مناطق المثلج، كذلك قد تنشأ هذه السواحل عن اللابة المتدفقة في المناطق البركانية، وقد تتكون بفعل الشعاب المرجانية.

• خطوط السواحل المركبة Compound Shorelines

هذا نوع من خطوط السواحل يتميز بالسمات التي تميز سواحل الغمر. وسواحل البروز معا. وعادة ما يكون وراء تكوين هذا النوع من الخطوط الساحلية المركبة تاريخ جيولوجي معقد، تكون فيه المنطقة قد تعرضت لعمليات غمر ورفع. وكثير من سواحل المحيط الأطلنطي للولايات المتحدة الأمريكية من فيرجينيا وحتى فلوريدا من هذا النوع المركب.

ب- تصنيف شبرد Shepard's Classification

فى عام ١٩٣٧ اقترح الأستاذ شبرد بمعهد سكريبس Scripps لعلوم البحار بالولايات المتحدة الامريكية، تصنيفا عالج فيه بعض المشاكل التى وردت فى تصنيف جونسون . ويعد هذا التصنيف شاملا إلى حد ما، وقد نال تأييد وموافقة كثير من علماء البحار والجيولوجيين، بالرغم من صعوبة تطبيقه على بعض أنواع السواحل.

وفيما يلى توضيح لتقسيم شبرد:

أولاً، خطوط ساحلية أولية أو شابة تكونت أساسا بعوامل ليست بحرية:

أ- سواحل تشكلت بعملية انحسار بحرية وغرقت بالهبوط إلى أسفل أو من أثر

زوال المثالج:

١- سواحل ريا Ria (سواحل وديان نهريّة غارقة).

٢- سواحل مثلجية غارقة.

ب- سواحل تشكلت بترسيب مواد برية:

١- سواحل مترسبة بالأنهار.

أ- سواحل الدلتا.

ب- سواحل السهول الطميية الغارقة.

٢- سواحل مترسبة بالمثالج:

أ- ركام جليدى مغمور جزئيا.

ب- تلال جليدية بيضية الشكل مغمورة جزئيا.

٣- سواحل مترسبة بالرياح.

٤- سواحل الامتداد النباتى vegetation extended

ج- سواحل تشكلت بالنشاط البركاني :

١- ترسيب بركاني (سواحل انسياب لابي حديث)

٢- انفجار أو انهيار بركاني

د- سواحل تشكلت بالحركات الأرضية :

١- سواحل أحذور الصدع.

٢- سواحل ناتجة عن الطي.

ثانيا، خطوط ساحلية ثانوية أو ناضجة تشكلت أصلا بعوامل بحرية،

أ- سواحل تشكلت بتحات بحري:

١- جروف بحرية استقامت بالتحات البحري.

٢- جروف بحرية جعلها التحات البحري غير منتظمة.

ب- سواحل تشكلت بالترسيب البحري:

١- سواحل امتدت واستقامت بترسيب الحواجز والألسنة.

٢- سواحل امتدت (البناء في اتجاه الخارج) بالترسيب البحري.

٣- سواحل ذات حواجز بحرية وألسنة شاطئية طويلة.

٤- سواحل الشعاب المرجانية.

ولقد صمم التصنيف السابق ليطبق على التقسيمات الصغيرة لخطوط الشواطئ في المحيطات. وقد وضع العالم شبرد الأقسام الصغيرة subdivisions الآتية لتشمل بشكل أوسع تصنيف المناطق الساحلية الأكبر في العالم:

* سواحل لها شواطئ شابة (جبال تكونت خلال الحقب الثالث Tertiary أو الحقب الرابع Quaternary (انظر الفصل الثامن عشر).

** سواحل ذات جبال قديمة (جبال تكونت قبل الحقب الثالث Tertiary).

*** جبال ذات سهول ساحلية متسعة.

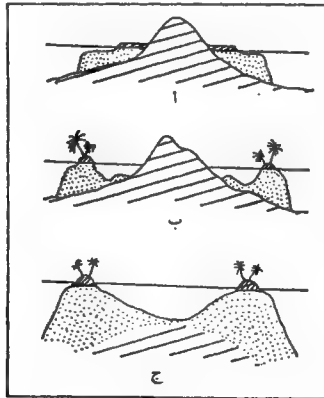
ومثل أية ظواهر طبيعية، فإن خطوط الشواطئ تتنوع وتوجد منها أنواع مركبة، حتى أننا لا نستطيع أن نجد تصنيفا واحدا كافيا، إذ إن أنواع خطوط الشواطئ تتعدد كثيرا بسبب كثرة التغيرات التي تطرأ على ساحل ما خلال تاريخ تطوره الطويل.

١١- الشعاب المرجانية Coral Reefs

ذكرنا فيما سبق أن الشعاب المرجانية تعد عاملا مهما في تكوين خطوط الشواطئ المتعادلة أو الناضجة التي شكّلت بالترسيب البحري. والشعاب المرجانية حيود ridges من الصخور الجيرية توجد عند سطح البحر أو بالقرب منه. وتتكون جزئيا من تراكمات هائلة من الهياكل الجيرية للمراجين البانية للشعاب reef-building corals. هذه الحيوانات الصغيرة (المراجين) توجد في البحر فقط، وتعيش عادة في مستعمرات colonies في مياه صافية دافئة (ليست أبعد من درجة حرارة ٦٨ فهرنهايت)، وعند أعماق أقل من ١٥٠ قدما. وتستخلص المراجين كربونات الكالسيوم الذائبة في مياه البحر وتبنى به هياكلها، وهناك كثير من النباتات والحيوانات التي تفرز الكالسيوم وتعيش أيضا في الشعاب. وعندما تموت هذه الكائنات الحية، فإن بقاياها تضاف إلى الكتلة الجيرية وتنمو شعاب جديدة فوقها، وبذلك تستمر الشعاب في نموها لمدد طويلة من الزمن.

وأكبر شعب مرجاني معروف هو الحاجز الشعابي الكبير Great Barrier Reef على الساحل الشرقي لكويزلاند Queensland في أستراليا، ويمتد لمسافة أطول من ١٢٠٠ ميل. ويختلف عرضه من عشرة أميال إلى ٩٠ ميلا. ويفصل هذا الشعب عن كتلة البر الرئيسية لاجون متسع يشكل المياه الداخلية التي تعد طريقا رئيسيا للتجارة. والشعاب المرجانية الحفرية توجد في أماكن كثيرة من العالم في صخور ذات أعماق مختلفة؛ ففي بريطانيا توجد حفرية الشعاب المرجانية في صخور السيلوري بصفة أساسية وتمتد إلى الكربوني والجوراسي، ويتخذ هذا الانتشار دليلا على أن المناخ كان دافئا خلال تلك العصور في هذه المناطق.

ولقد اهتم الجيولوجيون وعلماء المحيطات بالطرق التي تكونت بها الأنواع المختلفة للشعاب المرجانية وكذلك طرق تكوّن الجزر المرجانية. ومن أكثر النظريات التي وضعت في هذا المجال ونالت القبول عند معظم الجيولوجيين، تلك التي وضعها تشارلز دارون عام ١٨٤٢ وأسماها نظرية الهبوط. وطبقا لفرضية الهبوط subsidence hypothesis ، فإن هناك ثلاث مراحل لتكوين الشعب المرجاني (انظر شكل ٩٧). في البداية يتكون شعب حافى fringing reef عندما ينمو المرجان في المياه الضحلة قرب شاطئ جزيرة. ويمرور الزمن تهبط الجزيرة تدريجيا، بينما يستمر المرجان في نموه فوق قمة الشعب. ويكبر الشعب بالتدريج، ويفصله عن الجزيرة المنكمشة لاجون lagoon، وبذلك يتكون شعب حاجزى barrier reef. أما في المرحلة الأخيرة، طبقا لفرضية دارون، فيتكون الأتول atoll، وهو ببساطة شعب دائرى (حلقى) يحيط بلاجون يغطى الجزيرة التي غمرت حديثا.



شكل (٩٧)

تتابع تكون الشعاب المرجانية طبقا لفرضية الهبوط لدارون

١- (شعب دبرى). - ب- (شعب حاجزى). - ج- (أتول).

وهناك فرضية أخرى، هي فرضية التحكم الجليدى Glacial Control Hypothesis والتي افترضها دالى الأستاذ بجامعة هارفارد عام ١٩١٠ والتي يفترض فيها أن الشعاب الحاجزية والحلقية قد تكونت فوق الجزر البركانية المكشوفة truncated volcanic islands نتيجة للتغير فى مستوى سطح البحر خلال الفترات الجليدية. وللأسف فإن كلتا الفرضيتين لا تكفيان لتفسير كل البنيات الشعابية المرجانية الموجودة. وذلك فقد اقترح أن الشعاب المرجانية ربما تكون قد تكونت نتيجة لكل من فرضيتى الهبوط والتحكم الجليدى.

الفصل العاشر

البحيرات والمستنقعات

LAKES AND SWAMPS

يمكننا تعريف البحيرة بأنها كتلة من الماء الساكن تشغل منخفضا من الأرض. وتباين البحيرات في حجمها كثيرا، فتردد مساحة البحيرة من فدان إلى آلاف الأميال المربعة. وتباين أيضا في العمق؛ فبعض البحيرات لا يزيد عمقها على بضعة أقدام، وقد تحف البحيرة في فترات الجفاف؛ في حين أن بعض البحيرات قد يصل عمقها إلى آلاف الأقدام. ويعد البحر الكاسبي Caspian أكبر بحيرة في العالم، إذ تصل مساحته إلى ١٦٩ ألف ميل مربع (ولقطة بحر هنا، تسمية غير صحيحة، إذ إن أجساما مائية كالبحر الميت أو بحر الجليل Galilee، إن هي إلا بحيرات مالحة في الواقع). وأعمق البحيرات في العالم كله، هي بحيرة باي كال Bay Kal في شرق سيبيريا، حيث يبلغ عمقها أكثر من ٥٤٠٠ قدم.

وتوجد البحيرات عند كل الارتفاعات، فمثلا بحيرة تيتيكاكا Titicaca، التي تقع بين شيلي وبيرو في أميركا الجنوبية، توجد على ارتفاع ١٢٥٠٠ قدم فوق مستوى سطح البحر، وعلى النقيض من ذلك فلإن البحر الميت يقع عند منسوب ١٣٠٠ قدم تحت مستوى سطح البحر.

وبعض البحيرات وخاصة الكبيرة منها لها تأثيرات عظيمة على سكان المناطق المحيطة بها، فهي تقدم بمصدر مهم للماء سواء للشرب أو للأغراض الصناعية. وكذلك فلبحيرات تأثير على تلطيف درجة الحرارة في المناطق المحيطة بها، كما أنها توفر مساحات تستخدم كأماكن للترفيه والتزهة تجذب عددا كبيرا من السواح، وخاصة إذا كانت هذه البحيرات موجودة في مناطق جبلية بها مناطق خلابة، كما هو الحال في منطقة البحيرات في إنجلترا Lake District.

كذلك تستخدم البحيرات طرقا للمواصلات، ولذلك فإنه من المعتاد جدا أن تنشأ مدن كبيرة ومناطق صناعية حول البحيرات الكبيرة فى العالم .

١- أصل أحواض البحيرات Origin of Lake Basins

قد تتكون أحواض البحيرات بطرق شتى، ومن خلال عدد من العمليات الجيولوجية المختلفة؛ وسوف نتناول أهمها بالدراسة فيما يلى :

• حركات القشرة الأرضية Crustal Movements

تنشأ بعض أحواض البحيرات نتيجة لعمليات الاعوجاج warping والطي والتصدع التى تتعرض لها الطبقات، فمثلا بحيرة سوبريور Superior بأميركا الشمالية تشغل حوضا تكون نتيجة لتحركات بنائية ثم توسعت بعد ذلك بفعل العوامل الجليدية. وتتكون بحيرات الوديان الحسفية حينما تهبط كتل صدوع ضخمة بين حوايط عالية منحدره (انظر الفصل الخامس). والبحيرات التى تتكون بهذه الطريقة، تكون شديدة العمق عادة وتشكل سلسلة على امتداد أرضية الوادى؛ وتوجد مثل هذه السلاسل فى الوادى الحسفى العظيم Great Rift Valley الذى يمتد من البحر الميت حتى بحيرة نياسا وتنجانيقا فى شرق أفريقيا.

وقد تتكون البحيرات نتيجة لإزاحة الصخور التى تصاحب الزلازل، وقد يحدث هبوط للأرض يؤدى إلى تكوين منخفضات مناسبة لتكوين البحيرة. ولقد تكونت بحيرة ريل فوت Reelfoot فى الشمال الغربى لتينيسى بأميركا بنفس الطريقة بعد حدوث زلزال نيومديد عام ١٨١١ .

• النشاط البركانى Volcanic Activity

قد تؤثر البراكين فى تكوين البحيرات ويتبع عن ذلك نوعان من البحيرات، فانسيابات اللابة lava (اللافا) التى تتدفق من البركان، قد تكون سدا يعترض مجرى نهر صغير، فتتجمع المياه خلفه وتتكون بحيرة؛ وعلى سبيل المثال فقد تكون بحر الجليل بهذه الطريقة. أما النوع الثانى من البحيرات فهو الذى يتكون داخل فوهات البراكين (الكالديرا) فى البراكين المنقرضة extinct volcanoes. ومن أحسن الأمثلة لهذا النوع بحيرة كريتير crater lake فى منطقة الشلالات فى جبال شمال غرب أوريجون بأميركا الشمالية. وهذه البحيرة تحتل كالديرا يصل عرضها

إلى ستة أميال وعمقها إلى ٢٠٠٠ قدم وتحاط بجروف يتردد ارتفاعها بين ٥٠٠ و ٢٠٠٠ قدم.

• التلج Glaciation

تكوّن عدد كبير من البحيرات نتيجة لعمليات التلج، وتشغل هذه البحيرات منخفضة في سطح الأرض تكونت نتيجة لعمليات التحات الثلجي glacial erosion، أو أحواضا تكونت خلف سدود طبيعية من المواد التي رسبها الجليد. وتسمى البحيرات التي تتكون عند رؤوس الوديان الثلجية باسم بحيرات جبلية صغيرة tarns (انظر الفصل الثامن). وتنتشر هذه البحيرات في شمال ويلز Wales بإجلترا وفي مناطق جبلية أخرى. وتوجد البحيرات التي تنتج عن عمليات التلج في أماكن كثيرة، وكثير من البحيرات المستطيلة في شمال ويلز ومنطقة البحيرات في إنجلترا وكذلك كوري لوكس في اسكتلندا Corrie-Lochs، يعزى سبب تكوينها إلى العمليات الثلجية.

وهناك بحيرات أخرى صغيرة تكونت في حزام كتل الصدوع في الجرايميانز Grampians. وتوجد البحيرات الثلجية في أماكن أخرى كثيرة من العالم، مثل بحيرة دوف Dove في تسمانيا Tasmania، وكذلك البحيرات الموجودة في المناطق المرتفعة في الجبال الجليدية في أستراليا. والبحيرة التي تسمى فال يورك Vale of York كانت في وقت ما بحيرة مثلجية كبيرة، والآن كل ما تبقى من بحيرة هامبر Humber عبارة عن مستنقعات توجد على حافاتها. كذلك فإن بحيرة بيكرنج Pickering تكونت نتيجة لعملية الاستنقاع ponding خلال العصر الجليدي، ثم فاضت وكونت خانقا gorge ما زالت تندفق فيه المياه، ومن العجيب، فإنه قد غير اتجاهه نحو البر بدلا من أن يصب في بحر الشمال وما زالت بقاياه قائمة على هيئة مستنقعات وبرك للثخث peat bogs.

• تحركات الكتل أو الجاذبية Mass Movements or Gravity

تنشأ البحيرات أحيانا عندما ينفطس ركام أرضي ناتج عن انزلاق أرضي في وادي نهر ما، فبسبب مجرى النهر. وقد يتسبب هذا السد الطبيعي في تجمع المياه لتشكل بحيرة طبيعية. ويذكر أن بحيرة كبيرة كانت قد تكونت في الماضي في أعلى

نهر الراين Rhine بالقرب من فلمز Flims ونشأت بفعل الانزلاق الأرضي -land-slide ولكنها اختفت الآن. ويوجد مثال حي نشأهه اليوم وهو بحيرة سان كرسوبال San Cristobal فى كلورادو التى تكونت خلف انسياب طينى ضخمة.

• الأنهار Rivers

تنشأ أحواض البحيرات أحيانا نتيجة لعمليات التحات والترسيب بفعل الأنهار. ويحدث ذلك عندما تتحول المنعطقات النهرية المقطوعة إلى بحيرات هلالية ox - bow lakes وتوجد مثل هذه البحيرات فى سهول الفيضان لنهر الميسيسى. وقد تتكون أيضا فى الدلتا، وتعد بحيرة بونكتارتران Pontchartrian فى دلتا نهر الميسيسى مثالا طيا على ذلك (انظر الفصل السابع).

• المياه الأرضية Ground Water

قد تكون المياه الأرضية تقويا حوضية وكهوا فى مناطق صخرية يوجد تحتها صخور قابلة للذوبان مثل الحجر الجيرى والدولوميت . وإذا سُدَّت هذه الثقوب الحوضية والكهوف بالحطام الصخرى، فقد تمتلئ بالماء، وبالتالي تتكون بحيرة. وتوجد بحيرات عديدة من هذا النوع فى ولاية كنتاكي بأميركا الشمالية وكذلك فى أماكن أخرى. وهناك بحيرات صغيرة توجد فى شيشاير Cheshire بإنجلترا حيث هبطت الأرض نتيجة لذوبان الملح الصخرى.

• الأمواج والتيارات Waves and Currents

تتشر البحيرات على طول السهول الساحلية أو بالقرب من خطوط شواطئ بعض البحيرات والمحيطات. وتتكون هذه البحيرات عندما ترسب الأمواج والتيارات حملتها عند مداخل الخلجان والبحيرات. ومياه البحيرات التى تنشأ بالقرب من الشواطئ تكون مياهها ملحة فى العادة، لكنها قد تتحول إلى مياه عذبة بمرور الزمن.

• أسباب أخرى Other Causes

قام الإنسان بإنشاء عدد من البحيرات الاصطناعية وكذلك قام بزيادة مساحات وحجوم البحيرات الطبيعية بطرق كثيرة، منها إقامة السدود عبر مسارات

الأنهار. والماء الموجود فى منطقة ديرونت Derwent فى كمبرلاند Cumberland، وكذلك مستودعات المياه فى منطقة بيك Peak فى دربي شايير Derbyshire بإنجلترا تعد أمثلة جميلة لهذا النوع من البحيرات. وكذلك سدود القنادس Beavers عبر الجداول ونباتات المستنقعات تؤدى إلى تكوين البحيرات. وهناك بحيرات قليلة تكونت فى فوهات البراكين التى تحدتها النيازك، والفوهات البركانية المملوءة بالمياه معروفة فى شمال كويبك Quebec وشمال سيبيريا. وقد تتكون البحيرات أيضا فى المحاجر المهجورة وكذلك خلف الجدد القاطعة الشديدة المقاومة وتكون أيضا بفعل الرياح (كما فى منطقة لاندز بفرنسا).

٢- أنماط البحيرات Types of Lakes

تصنف البحيرات عامة إلى نوعين، إما بحيرات مياهها عذبة أو بحيرات ملحة:

• بحيرات الماء العذب Fresh-Water Lakes

البحيرات العذبة هى البحيرات التى تكون لها منافذ (مخارج) outlets، وتكون هذه المخارج عادة على شكل مجار سطحية للمياه، لكن قد تتسرب منها بعض مياهها. وتستمد البحيرة مياهها العذبة من مياه الأمطار أو من الثلوج الذائبة أو من المياه الأرضية أو من مياه الأنهار. ويعتمد تركيب الماء فى البحيرة إلى حد كبير على تركيب الصخور التى غمر فيها المياه.

وبالرغم من أن بعض المواد المذابة التى تأتى بها مجارى المياه إلى البحيرة قد تترسب فيها، إلا أنها قد تخرج من البحيرة مرة أخرى خلال منفذ البحيرة. هذا بالإضافة إلى أن ماء المطر والثلج يجعلان مياه هذا النوع من البحيرات عذبا، ومعظم بحيرات العالم من النوع العذب، وأكبرها بحيرة سوبيريور Superior التى تبلغ مساحتها ٣١٨٢٠ ميلا مربعا.

• البحيرات المملحة Saline or Salt Lakes

البحيرات المملحة هى تلك التى ليست لها مخارج (منافذ) وتوجد عادة فى المناخ الجاف، حيث تفقد البحيرات ماءها بفعل عمليات البخر، فعندما تبخر المياه

يزداد تركيز الأملاح التي تترسب عند قاع البحيرة. وحيث إن طبيعة صخور البحيرة هي التي تحدد تركيب المياه، فهذا يؤدي إلى اختلاف نوعية الأملاح حسب نوعية الصخور التي تقع في حوض البحيرة وحولها. وهناك بعض البحيرات الملحة مثل البحر الكاسبي Caspian See، الذي تكون نتيجة عزل وسد جزء من البحر الرئيسي، وفي هذه الحالة تكون المياه ملحة أصلاً. وهناك بحيرات مثل البحيرة العظمى الملحة Great Salt Lake بولاية يوتا بأميركا، نشأت كبهيرة عذبة مثلما نشأ البحر الميت. وفي مثل هذه البحيرات قد يبلغ تركيز الملح سبع مرات أو أكثر مثل تركيز الملح في المحيطات الموجودة في العالم.

وتسمى البحيرات الملحة المحتوية على كميات كبيرة من كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم باسم البحيرات القلوية. وتستمد المواد القلوية من الصخور النارية التي تحتوى على نسبة عالية من الصوديوم مثل صخر الجرانيت. ومن غادج البحيرات القلوية بهيرة مونو Mono في كاليفورنيا.

• بحيرات البلايا Playa Lakes

تتكون بحيرات البلايا في الأماكن الأكثر انخفاضاً في أحواض الصحراء، وبحيرات البلايا هي بحيرات ضحلة مؤقتة تتكون بعد فترات المطر الغزير، وتختفي أثناء فترات الجفاف تاركة الغرين والصلصال الذي قد يغطى بالملح. وتسمى البحيرات الجافة المغطاة بطبقة من الملح باسم المسطحات القلوية أو الملاحات salinas.

وهناك أمثلة واضحة لبحيرات البلايا توجد في كثير من المناطق القاحلة وشبه القاحلة في كثير من بقاع العالم، وبخاصة في أستراليا.

٣- تدمير البحيرات Destruction of Lakes

تعد البحيرات من المعالم الجغرافية المؤقتة، والعمليات الجيولوجية التي تسبب تكوين البحيرات هي نفسها التي تؤدي إلى خرابها وتدميرها. فبعض البحيرات قد تختفي إذا امتلأ حوض البحيرة بالرواسب أو بسبب إزالة الأراضي العالية المحيطة بالبحيرة نتيجة لعمليات التحات. ويمكن مشاهدة ذلك عند رأس

كرموك Crummock فى منطقة البحيرات Lake District بإنجلترا. وقد تختفى البحيرات إذا فقدت مياهها نتيجة للتبخير الشديد أو تسرب المياه إلى أسفل أو عندما تتحول الروافد الصغيرة التى تساب فيها إلى اتجاه مغاير . وقد تمتلئ بعض البحيرات بالمواد العضوية والنباتات، فعندما توجد الأعشاب والطحالب على حافة البحيرة، فإنها تنمو وتكاثر وتمتد إلى وسط البحيرة، وقد تختلط بقايا الحيوانات بهذه الأعشاب لتتحول البحيرة إلى مستنقع. وقد تؤدي عمليات الانهيارات الأرضية، وتراكم الطمي المترسب نتيجة لانصهار الجليد، والرمال التى تسوقها الرياح، والرماد البركاني إلى خراب البحيرات وتدميرها. ومن البحيرات التى تدمرت وانقرضت، بحيرة همبر Humber وبحيرة بكنج-Pick-ering بإنجلترا.

٤- المستنقعات Swamps

المستنقعات هى المنخفضات التى امتلأت كلياً أو جزئياً بمواد نباتية متحللة أو بروسوبيات وماء. وهناك مستنقعات كثيرة قد تكونت من امتلاء البحيرات بالمواد التى سبق ذكرها. وتوجد مستنقعات أخرى هى أراضي منخفضة رخوة بها مواد طينية وليس لها نظام صرف سطحي جيد.

وتوجد مستنقعات صغيرة أو برك bogs على السهول الفيضانية للأنهار القديمة مثل نهر المسيسيبي. ومستنقع رومنى Romney هو مصب نهرى مستنقى قد تكون بترسيب كميات كبيرة من الغرين فى مساحة كبيرة شمال شرق كنت Kent بإنجلترا ، وتوجد المستنقعات أيضا على السهول الساحلية وتعرف باسم مستنقعات المد والجزر، ويوجد الكثير منها على السواحل الأطلنطية والخليجية للولايات المتحدة الأمريكية.

وهناك أنواع معينة من المستنقعات تتميز بوجود كثافة شديدة من النباتات المتفحمة جزئياً والتى تعرف باسم الخث peat، وهى متشعبة بكثرة فى أيرلندا. والمواد المستخرجة من هذا النوع لها محتوى كربونى مرتفع، وتستخدم وقوداً عندما تجف. وتسمى العملية التى تتحول فيها نباتات المستنق إلى خث peat

باسم الفحم carbonization (انظر الفصل الخامس عشر) وعملية تكوّن الخث هي أولى مراحل تكوّن الفحم.

كذلك توجد المستنقعات فى المناطق الثلجية، حيث تسد الرواسب الثلجية مجارى الأنهار مما يؤدى إلى تكوين البحيرات والمستنقعات (كما هو الحال فى فال يورك Vale of York).

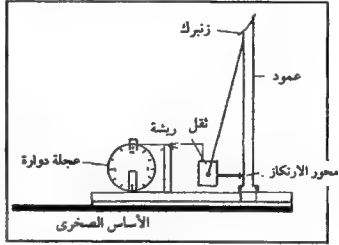
أما فى المناطق التى تتجمد فيها الأرض بصفة مستمرة عند أعماق ضحلة، فقد تتكون المستنقعات على الأسطح العلوية خلال فترات ذوبان الجليد. وهذه الطبقة الإسفنجية المشبعة بالماء تعرف باسم التندرا Tundra ، وهى شائعة فى مناطق المحيط المتجمد الشمالى فى أميركا الشمالية وفى أوروبا وآسيا.

الفصل الحادى عشر

الزلازل وباطن الأرض

EARTHQUAKES AND THE INTERIOR OF THE EARTH

الزلازل ذبذبات طبيعية تحدث فى القشرة الأرضية وتعد دليلا مؤكدا على أن الحركة القشرية لا تزال تعمل حتى اليوم. وقد تكون بعض الهزات الأرضية عنيفة للغاية، وتكون مشولة عن الكثير من الكوارث والوفيات. وعلى أى حال فإن معظم الهزات الأرضية التى تحدث تكون ضئيلة جدا بحيث لا يشعر بها الإنسان، لكنها تسجل بأجهزة حساسة تسمى السيزموجراف (انظر



شكل (٩٨)

سيزموجرافه جهاز لتسجيل الهزات الأرضية

شكل (٩٨).

١- أسباب الزلازل Causes of Earthquakes

تأمل الإنسان كثيرا فى أسباب حدوث الزلازل منذ قرون ولقد فسر الاقدمون حدوث الزلازل بأنه دليل على غضب الآلهة على العالم، أو أنها تحدث بسبب تلمل حيوان كانوا يتوهمون أنه يحمل الأرض فوق كاهله.

وبالرغم من أن علم الزلازل (السيزمولوجيا) قد أمدنا بكثير من المعلومات عن الزلازل، إلا أن السبب النهائي ليس معروفاً بالتأكيد. ونحن نعلم أن الهزات الأرضية تبدأ برجفة مفاجئة أو بصدمة، ونعلم أيضاً أن معظم هذه الصدمات ترتبط بعملية الصدع faulting. وتسبب الكسور وإزاحة الصخور على طول مستوى الصدع في حدوث حركة موجية في الصخور. ويمكن تفسير الطريقة التي تحدث بها عملية تكسير الصخور على أساس نظرية الارتداد المرن elastic rebound theory، وطبقاً لهذه النظرية، فإن الكتل الصخرية فيما تحت سطح الأرض تتعرض لضغوط مستمرة من اتجاهات مختلفة تؤدي إلى انتثائها وتغير شكلها ببطء. ونتيجة للضغوط المستمرة ينشأ إجهاد هائل strain يؤدي إلى حدوث كسر في الصخور التي سرعان ما تعود بعد ذلك إلى وضعها الأصلي قبل تعرضها للإجهاد. وهذا ما يسمى بالارتداد المرن للصخور، وهو الذي يتسبب في حدوث الموجات السيزمية (الزلزالية).

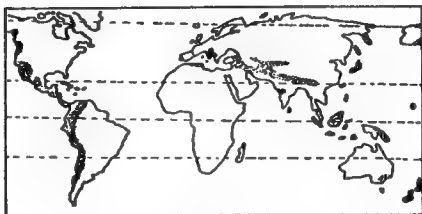
وتسمى الزلازل التي تحدث بهذه الطريقة الزلازل التكتونية tectonic earthquakes، وهي أكبر الزلازل وأشدها تدميراً. وقد يتسبب النشاط البركاني في حدوث الموجات السيزمية أيضاً، وقد يحدث هذا نتيجة للانفجارات البركانية العنيفة (انظر الفصل الثالث)، أو من الحركة المفاجئة للصخور المنصهرة (الصهارة) تحت سطح الأرض. وهناك أسباب ثانوية للاهتزازات الأرضية تنشأ عن الانهيارات الجبلية أو الانهيار الثلجي أو الانهيار المفاجئ للكهوف.

٢- توزيع الزلازل Distribution of Earthquakes

بالرغم من إمكانية حدوث الزلازل في أي مكان من الأرض، إلا أن معظمها يحدث في مناطق عدم استقرار القشرة الأرضية، ويرتبط ذلك بالحركات البانية للجبال.

والزلازل، مثل البراكين، تحدث في أحزمة سيزمية معلومة ومحددة جيداً (شكل ٩٩) ويقع ٨٠٪ من إجمالي الزلازل التي تحدث في العالم فيما يسمى بالحزام الحول باسيفيكي Circum-Pacific المتكون من سلاسل الجبال الحديثة والسلاسل الجبلية البركانية. ويمتد هذا الحزام من شيلي على طول الحدود الغربية

لأميركا الجنوبية وأميركا الشمالية، ويمتد شمالا ليشمل ألاسكا ثم يمتد إلى اليابان والفلبين وإندونيسيا ونيوزيلندا وجزر أخرى في المحيط الهادى. والحزام السيزمى الكبير الثانى هو حزام البحر المتوسط والعبء آسياوى Mediterranean and Trans Asiatic Belt، ويمتد من البحر الكاريسى عبر جبال الهمالايا والألب، ويشمل أسبانيا وإيطاليا واليونان وشمال الهند.



شكل (١١)

المناطق المظلمة توضح الأحزمة السيزمية الكبرى فى العالم

وتنتطق ١٥ ٪ من الطاقة السيزمية للأرض من حزام البحر المتوسط والعبء آسياوى، أما النسبة الباقية فتنتطق من أماكن العالم الأخرى.

ونادرا ما تتعرض بريطانيا إلى الزلازل، ذلك لأنها لا تقع فى أى من حزامى الزلازل المذكورين آنفا. وأحيانا تتعرض اسكتلندا لزلازل ضعيفة، نتيجة لحدوث حركات بسيطة على طول خطوط الصدوع القديمة كتلك التى تفصل الأرضى العالية Highlands عن الوادى الأوسط Midland Valley. وقد حدث زلزال ضعيف فى شمال إنجلترا فى أوائل عام ١٩٦٠. أدى إلى إيقاظ الناس من نومهم فى هامبشير Hampshire.

وفى بعض الأحيان تحدث زلازل فى أماكن أخرى من العالم تحدث أثرا يشعر به الناس فى بريطانيا ولقد تسبب الزلزال الذى حدث فى لشبونة Lisbon عام ١٧٥٥ م إلى حدوث مدّ غير عادى، أدى إلى ارتفاع سريع قلَّدُّ بأكثر من قدمين فى بعض بحيرات اسكتلندا.

وكما سوف نرى، فإن بريطانيا سعيدة الحظ تماما لعدم وقوعها فى منطقة زلزالية، لكن ذلك لم يكن هكذا دائما، فلا بد أن تكون الجزر البريطانية قد تعرضت فى الماضى الجيولوجى إلى الزلازل، مثل ما تتعرض له اليوم أماكن أخرى من العالم. وربما تكون الحركات الأرضية الضعيفة فى اسكتلندا هى نهاية الذيل من سلاسل سيزمية هزت المنطقة فى الأزمنة الماضية.

٢- آثار الزلازل Effects of Earthquakes

تعد الآثار المدمرة للزلازل من الأشياء المألوفة لمعظم الناس، ومنها المباني المنهارة، وخطوط السكك الحديدية والطرق التى تنجرف مساراتها، وانهيار الجسور، والشقوق الهائلة فى الأرض، وكذلك تغير مستوى سطح البحر. وهذا قليل من كثير من التغيرات الفيزيائية التى تسببها الزلازل. وفى بعض الزلازل التى تضرب المدن تكون الآثار التدميرية للحرائق التى تشب أكثر بكثير من أثر الموجات السيزمية. فقد تبدأ الحرائق نتيجة لكسر الخط الرئيسى للغاز أو الكبل الكهربائى، أو من المواقد التى تنقلب بفعل الموجات السيزمية التى تهز المكان. وتكون محاولة إخماد النيران فى مثل هذه الحالات قاصرة بسبب فقدان أجهزة إطفاء الحرائق أو كسر خطوط المياه الرئيسية ووصلاتها المتفرعة منها.

أما الخسائر فى الأرواح التى تنتج عن زلزال كبير، فقد تكون مروعة، كذلك التى نجمت عن الزلزال الذى ضرب شمال الجزء الأوسط من الصين عام ١٥٥٦ م وقيل إنه تسبب فى وفاة ٨٣٠ ألف نسمة. وحيث إن الزلازل تحدث دائما بسرعة وبصورة غير متوقعة، فلن يكون هناك وقت كاف لاتخاذ الإجراءات التحذيرية. كذلك قد يرتفع عدد الوفيات بسبب عوامل محقدة، مثل انتشار الأمراض والفيضانات والحرائق والمجاعة .

وبالإضافة إلى الخسائر التى تسببها الزلازل فى فقد الحياة والممتلكات، فإن الزلازل تسبب أيضا فى إحداث تغيرات جيولوجية عديدة فى المنطقة المنكوبة، مثل حدوث الانزلاقات الأرضية والانهيارات الجبلية وانسياب الطمي وانقطاع دورة المياه الأرضية واضطرابها، وكذلك هبوط الأرض وتشققها.

ويتولد عن الزلازل التى تحدث تحت المياه فى المحيط موجات هائلة من المياه تسمى تسونامى Tsunami أو موجات البحر السيزمية seismic sea waves. هذه الموجات التى قد يصل ارتفاع الواحدة منها إلى أكثر من ٢٠٠ قدم وتصل سرعتها إلى أكثر من ٥٠٠ ميل فى الساعة تكون لها قدرة تدميرية رهبة للغاية. وقد زامنت موجة من هذا النوع زلزال لشبونة عام ١٧٥٥ م وبلغ ارتفاعها خمسين قدما واكتسحت الأرض التى أثرت فيها مسافة تزيد على نصف الميل. وحدثت واحدة أخرى شمال طوكيو على طول الساحل الباسيفيكي لليابان عام ١٨٩٦، وبلغ ارتفاع الموجة مئة قدم، وأدت إلى موت أكثر من ٢٧ ألف شخص.

٤- زلازل تاريخية Historic Earthquakes

يسجل التاريخ حدوث زلازل كثيرة، بعض منها يرجع تاريخه إلى ما قبل الميلاد. وفيما يلي وصف مختصر لعدد قليل من أخطر الزلازل التى حدثت:

• لشبونة Lisbon (البرتغال) عام ١٧٥٥

ربما يكون هذا الزلزال هو أقوى زلزال سجله التاريخ، وبالرغم من أن الصدمة الزلزالية الابتدائية استمرت لست أو سبع دقائق فقط، إلا أنها تسببت فى تحطيم نصف المدينة، وشعر الناس بالزلزال فى مساحة ١٢٥٠٠٠ ميل مربع. وبعد حدوث الهزة الأولى، تبعها هزتان شديدتان، حدثت الأولى بعد عشرين دقيقة، وحدثت الثانية بعد ذلك بحوالى ساعتين. وهاجمت الأمواج الزلزالية العاتية البر لمسافة نصف ميل، وحطمت كل شئ فى طريقها.

وأضافت الحرائق الكبيرة التى اشتعلت خسائر هائلة فى الممتلكات (بلغت قيمتها ملايين الجنيهات) وبلغ عدد الخسائر من المتوفين أكثر من ٦٠ ألف شخص.

• نيو مدريد New Madrid، ميسورى Missouri عام ١٨١١ و عام ١٨١٢

فى هذا الزلزال خرجت سلسلة من الموجات السيزمية شعر بها الناس من الساحل الأطلنطى لأميركا إلى جبال روكى، وكذلك من كندا حتى خليج

المكسيك. حدثت الضربة الأولى عند الساعة الثانية صباحاً في السادس عشر من ديسمبر عام ١٨١١، تلتها سلسلة من التتابع التي استمرت عدة أيام. وحدثت ضربة عنيفة أخرى في نهاية شهر يناير ١٨١٢. وحدثت الضربة الثالثة والتي كانت أعنفها في أوائل شهر فبراير عام ١٨١٢. وخلال فترة الثلاثة أشهر التي ساد فيها الاضطراب السيزمي، سُجِّلَت أكثر من ١٨٧٤ هزة في لوى فيل Louisville في ولاية كنتاكي على بعد متسى ميل. ولحسن الحظ فإن هذا الجزء من الولايات المتحدة لم يكن مأهولاً بالسكان خلال البداية الأولى من القرن التاسع عشر، ولهذا كانت هناك خسائر محدودة وقليلة في الأرواح والممتلكات. ومع ذلك فقد حدثت تغيرات جيولوجية ملحوظة في المنطقة، فالانزلاقات الأرضية الشديدة أثرت في طبوغرافية المنطقة، حتى أنها غيرت حدود الأراضي. والمناطق التي كانت مستنقعات، ارتفعت وتصرف منها الماء، بينما هبطت أجزاء أخرى من الأرض لعمق عشرة أقدام وتحولت إلى مستنقعات وبحيرات جديدة. وتغير مسار مجرى الميسيسيبي، وتكونت بحيرة ريل فوت Reel Foot في شمال غرب تينيسى، والتي تعد من أكبر البحيرات؛ إذ يبلغ طولها ١٨ ميلاً ويصل عرضها إلى أميال عديدة.

• تشارلوتون Charleston (كارولينا الجنوبية)، عام ١٨٨٦

هذا الزلزال مثل زلزال نيومديد الذي سبق وصفه. وقد حدث في منطقة كان يعتقد أنها منطقة مستقرة. وخلال الزلزال تزايدت الموجات السيزمية في شدتها لدرجة أن الأرض بدت وكأنها ترتفع وتهبط في حركة موجية مرئية. وتسبب هذا الزلزال في خسائر، وأدى إلى مقتل ٢٧ فرداً، وشعر به سكان معظم الجانوب الشرقي للولايات المتحدة.

• سان فرانسيسكو San Francisco كاليفورنيا عام ١٩٠٦

حدث هذا الزلزال الشديد والشهير في الصباح المبكر في الثامن عشر من شهر إبريل عام ١٩٠٦، واستمر الزلزال لفترة ٦٧ ثانية، وسببه حركة أرضية أفقية على طول صدع سان أندرياس San Andreas وخلال هذه الفترة الزمنية البسيطة، قتل ٧٠٠ شخص وانهارت مبان كثيرة، وتسببت الحرائق التي اشتعلت بعد ذلك

فى خسائر تقدر بملايين عديدة من الجنيهات، وتحطم جزء كبير من المدينة، وحدثت انزلاقات أرضية فى بعض المناطق الجبلية، كذلك فتحت شقوق كثيرة وكبيرة فى الأرض، وجرفت الأسوار وانجرفت خطوط السكك الحديدية عن مسارها الأصلي لمسافة ٢٠ قدما.

• كانسو Kansu، الصين، عام ١٩٢٠ و ١٩٢٧

فقد فى هذين الزلزالين أكثر من ٣٠٠ ألف شخص حياتهم. وتمثلت معظم الخسائر فى الانهيارات الأرضية. وفى ذلك الوقت كان الصينيون يعيشون فى الكهوف التى تهدمت هى والقرى والمدن كذلك أدى هذان الزلزالان إلى حدوث تغيرات جيولوجية وجغرافية فى المنطقة المنكوبة، حيث سُدت الأنهار بالركام الصخري المتوضع فيها.

• خليج ساجامى Sagami Bay، اليابان عام ١٩٢٣

تعد هذه الكارثة من أعظم ما حدث فى الأزمنة الحديثة وقد أدت إلى مقتل مئة ألف شخص، وإلى خسائر فى الممتلكات قدرت بملايين الجنيهات. وتأثرت مدينة طوكيو بشدة وهى تبعد سبعين ميلا عن خليج ساجامى. وكذلك تأثرت مدينة يوكوهاما على مسافة خمسين ميلا من ساجامى أيضا. وتسبب الزلزال الذى نشأ من تحت مياه البحر فى توليد موجات تسونامية عاتية، سببت دمارا هائلا على طول الساحل. وتسببت الحرائق فى خراب ٧٠ ٪ من طوكيو، بينما تحطمت تماما مدينة يوكوهاما.

• بحيرة هبجن Hebgen Lake، مونتانا، عام ١٩٥٩

فى السابع عشر من شهر أغسطس عام ١٩٥٩، ضربت سلسلة من الهزات الأرضية المتنزه القومى فى يلوستون Yellowstone National Park بأميركا، على حدود مونتانا Montana - ويومنج Wyoming. وتركزت معظم الخسائر فى الانزلاقات الأرضية التى دفنت المخيممين campers فى أخدود نهر ماديسون. وأدى الانزلاق الأرضى لنهر ماديسون إلى انهيار ٤٠ مليونا من الياردات المكعبة من الصخور، كونت سدا طبيعيا وكونت بحيرة جديدة.

تعد سلاسل الهزات الأرضية التي حدثت على طول الساحل في شيلي بدءاً من شهر مايو ١٩٦٠ من أكبر الكوارث التي وقعت في هذا القرن. وكانت الهزات عنيفة للدرجة أن معظم منازل المنطقة المنكوبة قد دمرت بالكامل، واقتلعت الأشجار وأعمدة التليفون وأصبحت ملقاة مثل أعواد الثقاب، وتقلعت الأرض عن الشقوق، وانتالت الثربة كما لو كانت مادة سائلة. وازدادت الخسائر مع ظهور الموجات البحرية السيزمية التي تردد ارتفاعها بين ١٢ و ٣٠ قدماً. ونتجت عن هذه الموجات التسونامية كوارث عديدة في القرى الشيلية وغرق مئات الأفراد. وعبرت الموجات السيزمية البحرية المحيط الهادى بسرعة بلغت ٤٥٠ ميلاً في الساعة، وحطمت قرى بأكملها في هاواي واليابان. وخلف الزلزال الأصلى الذى حدث في شهر مايو بالإضافة إلى التوابع التى تلتها واستمرت شهوراً عديدة خسائر في الممتلكات قدرت بملايين الجنيهات وقتل أكثر من ٥٠٠٠ شخص.

• سكوبيجي Skopje - يوغوسلافيا عام ١٩٦٢

أذاع التليفزيون نبأ هذه الكارثة من موقع الحدث، فقد احتلت أخبار المدينة الصغيرة العناوين الكبيرة للأنباء العالمية. وتدافع العمال بأدواتهم لمساعدة ١٢٠ ألف نسمة ممن أصبحوا بلا مأوى، وكذلك لكى يحفروا قبوراً لآلاف قتيل ماتوا إثر الزلزال. ودُمّرت مصادر المياه مما أدى إلى ظهور الأمراض والأوبئة.

• ألاسكا Alaska عام ١٩٦٤

يعد هذا الزلزال من أعنف الزلازل التى أثرت في أميركا الشمالية على الإطلاق، وحدث بالقرب من أنكوراج Anchorage في ألاسكا، بعد ظهر السابع والعشرين من شهر مارس عام ١٩٦٤. وسبب خسائر في الممتلكات قدرت بملايين الجنيهات، وازيحت الصخور إلى أعلى لمسافة أكثر من ٣٠ قدماً. وبالإضافة إلى الخسائر التى سببتها الهزة الأرضية، فقد دمرت الموجات السيزمية البحرية كثيراً من المباني التى أقامها الإنسان على طول الشاطئ في المنطقة المنكوبة. ونظراً لأن المنطقة

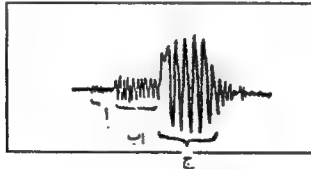
غير مأهولة بالسكان كثيرا، فقد اعتبر ١١٥ شخصا فى عداد المفقودين، وهذا عدد قليل جدا بالنسبة إلى كمية الطاقة السيزمية التى انطلقت من هذا الزلزال.

٥- كشف وتسجيل الزلازل Detecting and Recording Earthquakes

يكشف عن الزلازل ويتم تسجيلها بواسطة جهاز يسمى السيزموجراف seismograph (شكل ٩٨). ويتكون السيزموجراف أساسا من زنبرك معلق به ثقل أو بندول pendulum حر الحركة ليتأرجح فى اتجاه الموجات التى يراود تسجيلها، ويوجد معه جهاز تسجيل يعمل من خلال ساعة تسجل وقت الحدث.

ويثبت البندول بإطار يدخل فى طبقة الأساس الصخرى. ونظرا للقصور الذاتى inertia للبندول الذى يتأرجح بحرية فهو لا يتأثر بأية ذبذبات فى طبقة الأساس الصخرى، لكن باقى الجهاز المثبت بشدة سوف يتحرك بهذه الذبذبات. وتوجد ريشة تتصل بالبندول لتسجيل الذبذبات على أسطوانة (طبلية) تحمل ورقة التسجيل (توجد أنواع من السيزموجراف تسجل على أوراق تسجيل فوتوغرافية تعرض لنقطة ضوئية منعكسة من مرآة).

ويسمى السجل الناتج باسم السيزموجرام seismogram ويوضح المدة التى استغرقتها الهزة الأرضية وشدتها. وحينما تكون القشرة الأرضية فى حالة استقرار، فإن خط التسجيل يكون مستقيما، أما حين تنشط الموجات السيزمية، فإنها تحرك البندول، مما يجعل خط التسجيل متموجا (شكل ١٠٠).



شكل (١٠٠)

سيزموجرام: سجله السيزموجراف

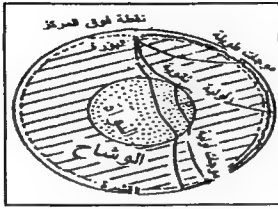
١- موجات أولية. ب- موجات ثانوية. ج- موجات طويلة.

• تعيين موقع الزلزال Locating Earthquakes

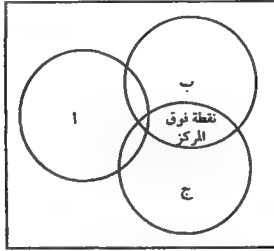
تستخدم البيانات الكافية التي يحصل عليها من السيزموجرام خلال حدوث الزلزال، لتحديد مكان حدوثه على سطح الأرض. ومن خلال هذه البيانات يحدد أخصائي الزلازل (السيزمولوجي) seismologist بؤرة الزلزال (نقطة داخل الأرض تبدأ منها الموجات السيزمية) وكذلك موقع «نقطة فوق المركز epicenter»؛ وهي نقطة على سطح الأرض تقع مباشرة أعلى البؤرة. ويعين السيزمولوجي ذلك بعمل دراسة مقارنة لسلوك الأنواع المختلفة للموجات الزلزالية، فحينما يحدث الزلزال، تنتشر الموجات السيزمية من بؤرة الزلزال في كل الاتجاهات، وتقل شدتها ببعدها عن بؤرة الزلزال. وتختلف هذه الموجات كثيرا في سعتها amplitude وسرعتها velocity. وهذه الموجات توجد منها ثلاثة أنواع: هي الموجات الأولية primary waves وتسمى أيضا باسم «الموجات P»، وهي موجات تضاغية تنتقل خلال الأرض بسرعة تتردد بين ٣,٤ ميلا إلى ٨,٦ ميلا في الثانية الواحدة. وتتحرك الموجات الأولية بسرعة أكبر في الأعماق وهي أول موجات تصل وتسجل على السيزموجراف. أما الموجات الثانوية secondary وتسمى «الموجات S» فتنتقل خلال باطن الأرض بسرعة تتردد بين ٢,٢ و ٤,٥ ميلا في الثانية الواحدة وهي المجموعة الثانية من الموجات التي تصل إلى محطة التسجيل السيزموجرافية، وهذه لا تمر خلال الغازات أو السوائل. وهناك الموجات الطويلة long أو «الموجات L»، وهي موجات معقدة ذات سعة كبيرة وتنتقل قرب سطح الأرض وتنشأ هذه الموجات عند نقطة فوق المركز وتولد من الطاقة الناتجة عن الموجات الأولية والثانوية. والموجات "L" التي تنتقل ببطء نسبي (سرعتها ٢,٢ ميلا في الثانية) هي آخر الموجات التي تسجل على الجهاز، وهي التي تسبب في معظم الخسائر الناتجة عن الزلزال.

يوضح (شكل ١٠١) مسار هذه الأنواع الثلاثة من الموجات الزلزالية.

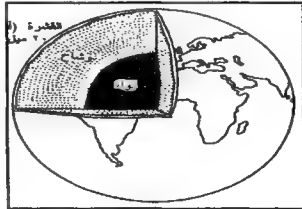
ولتعيين بعد نقطة فوق المركز، تستخدم دراسة لتحديد أزمان الوصول النسبية relative arrival times لأنواع الموجات الثلاثة عند محطة واحدة. وإذا أمكن الحصول على تسجيلات من ثلاث محطات سيزمية متباعدة (على الأقل ٣



شكل (١٠١)
مسار الموجات التصادمية خلال الأرض



شكل (١٠٢)
تحديد موقع نقطة فوق المركز باستخدام سجلات
السيزموجراف من ثلاثة مواقع على الأقل



شكل (١٠٣)
رسم تخطيطي في الأرض
يوضح نطاقاتها الأساسية الثلاثة

محطات)، فيصبح في مقدور السيزمولوجي (خبير الزلازل) تعيين موقع نقطة فوق المركز. ولكي يتم ذلك، ترسم ثلاث دوائر على خريطة، على أن تكون كل محطة رصد من المحطات الثلاث هي مركز الدائرة، والنقطة التي تتقاطع عندها الدوائر الثلاث تكون هي نقطة فوق المركز (شكل ١٠٢).

٦- أحجام الزلازل Size of Earthquakes

يعبر عن حجم الزلزال عادة بقياس الشدة intensity وقياس المقدار mag-nitude:

• شدة الزلزال Intensity

تقيس شدة الزلزال كمية الحسائر الفيزيكية أو التغيرات الجيولوجية التي سببها الزلزال. وتكون الصدمة الزلزالية أشد ما تكون عند نقطة فوق المركز، والتي تقع على سطح الأرض فوق بؤرة الزلزال مباشرة، كما أشرنا من قبل. وتقل الحسائر كلما ابتعدنا عن نقطة فوق المركز.

ولقد وضعت عدة مقاييس للدلالة على الدرجات المختلفة لشدة الزلزال. والمقياس الذي يسمى ميركالي المعدل Modified Mercalli أو مقياس وود - نيومان Wood-Neumann يستخدم الآن على نطاق واسع. ويستخدم هذا المقياس أرقاماً للدلالة على درجات الشدة المختلفة، وتدرج هذه الأرقام من «واحد (One)» و«هذا يدل على زلزال ضعيف جداً لا يشعر به الناس وتسجله فقط الأجهزة الحساسة، وتدرج المقياس ليصل إلى رقم «اثني عشر XII»، وهذا معناه زلزال تدميري مأساوي catastrophic، ويتج عنه دمار شامل (في الأصل كانت هناك عشرة أرقام فقط). ويعرف موقع نقطة فوق المركز، يتم تعيين شدة الزلزال على خريطة باستخدام الخطوط المتساوية سيزميا isoseismal التي تصل بين المناطق المتساوية الشدة زلزالياً.

وعلى هذا الأساس، فالزلزال الذي شدته (XII) عند نقطة فوق المركز، سيكون له «أزمة دائرية للشدة» تحيط بها وتتناسب شدة الزلزال عكسياً مع مربع المسافة عن نقطة فوق المركز.

● المقدر Magnitude

نظرا لأن المقياس الذى ذكر سابقا «ميركالى» يعتمد إلى حد كبير على التقدير الشخصى، فإن علماء الزلازل يفضلون مقياسا كيميا، يعتمد على أجهزة التسجيل. ويستخدم هذا المقياس لتعيين مقدار الزلزال عن طريق تقييم الطاقة الكلية التى أطلقها الزلزال، ويسمى هذا المقياس رشتير Richter. وهو نظام يدل على مقدار الزلزال بأرقام تعبر عن الطاقة الفعلية التى انطلقت فى الأساس الصخرى.

٧- باطن الأرض Interior of the Earth

مع أن معظم العمل الأساسى لجهاز السيزموجراف، ينصب على تسجيل الزلزال، إلا أنه يعد مصدرا مهما للإمداد بالمعلومات عن باطن الأرض، وتدل البيانات التى حصل عليها علماء الزلازل عن أن الغلاف الصخرى للأرض lithosphere (انظر الفصل الأول)، قد ينقسم إلى ثلاثة نطاقات هي: القشرة crust والوشاح mantle واللب core (شكل ١-٣).

● القشرة Crust

هى الطبقة العلوية من الغلاف الصخرى للأرض، ويختلف سمكها كثيرا من أحواض المحيطات (يصل سمكها فى بعض الأماكن إلى أربعة أميال)، إلى القارات (من الممكن أن يصل سمكها من ٢٠ إلى ٣٠ ميل تحت جبال معينة) ويترواح الوزن النوعى للقشرة الأرضية من ٢,٥ إلى ٣,٤. ولا تختلف صخور القشرة الأرضية فى سمكها وكثافتها فقط، بل تختلف أيضا فى تركيبها، فالصخور التى توجد تحت الأحواض المحيطية تكون أثقل من تلك التى توجد أسفل القارات، وتسمى السيماسima، نظرا لأنها غنية فى محتوى السليكون والمغنسيوم. وهذه الصخور هى من الأنواع البازلتية أساسا.

أما المواد التى تكون القشرة القارية، فتبدو أنها تتكون من طبقتين محددين، والطبقة العلوية منها ذات طبيعة جرانيتية. ونظرا لاحتواء هذه الصخور على نسبة عالية من السليكون (Si) والألمنيوم (Al)، فإنها تسمى السيلالسial.

وتدل النتائج التى أمكن الحصول عليها من سرعات الموجات الأولية والثانوية على أن الطبقة السيلالية يترواح سمكها بين ١٠ و ١٥ ميلا. أما الطبقة

السفلية، والتي يتردد سمكها بين ١٠ و ١٥ ميلا أيضا، فتتكون من صخور سيماتيّة simatic مشابهة للصخور التي توجد أسفل أحواض المحيط.

ويتميز قاع القشرة الأرضية بوجود انقطاع واضح ومحدد يسمى انقطاع موهوروفيتشيك Mohorovicic Discontinuity أو موهو «Moho». وكان أول من أشار إلى وجود هذا الانقطاع هو العالم أندريا موهوروفيتشيك عام ١٩٠٩، وهو عالم زلازل يوغوسلافى. وأوضح أن هذا الانقطاع يقع تحت سطح الأرض عند عمق يتردد بين عشرين وثلاثين ميلا. وهناك تزداد سرعة الموجات الأولية والثانوية مما يدل على تغير فى كثافة الصخور أسفل «الموهو» Moho.

• الوشاح Mantle

يوجد الوشاح أسفل انقطاع موهوروفيتشيك وسمكه ١٨٠٠ ميلا وهو المنطقة المتوسطة فى الغلاف الصخرى. وتترايد سرعات الموجات الأولية والثانوية بالتدرج عند دخولها منطقة الوشاح الصخرى. ويدل هذا السلوك على أن الوشاح يتكون أساسا من صخور صلبة تزداد كثافتها بزيادة العمق. وتتردد الكثافة النوعية للصخور فى هذا النطاق من ٣,٥ (فى الجزء العلوى من الوشاح) إلى حوالى ٨ عند القاع.

• اللب Core

هو قلب الأرض أو نواتها ويبلغ قطره حوالى ٤٣٠٠ ميل (٦٨٠٠ كيلو متر)، وهو ساخن جدا ووزنه النوعى ثقيل ويقع تحت ضغوط هائلة. ويقسم إلى جزئين: جزء خارجى، ربما يكون سائلا، ويسمى اللب الخارجى outer core، وجزء داخلى يسمى اللب الداخلى inner core ويعتقد أنه فى الحالة الصلبة. ويبدأ اللب الخارجى من عند قاعدة الوشاح (وسمكه حوالى ١٨٠٠ ميل)، ويصل إلى عمق ٣١٦٠ ميلا تقريبا. ويعتقد أن الطبقة الخارجية لللب الأرض سائلة، لأن الموجات الثانوية لا تنفذ من خلال هذه الطبقة، وتنتقل الموجات الأولية (١) بسرعة أقل، ويعتقد أن سمك اللب الخارجى يبلغ ١٣٠٠ ميل، وتبلغ كثافة المواد المكونة له حوالى ١٢ أو أكثر. أما طبقة اللب الداخلى inner core فيبلغ قطرها ١٧٠٠ ميل بالتقريب، ويعتقد أنها صلبة. إذ إن سرعة الموجات الأولية تزداد فجأة كلما تعمقت داخل طبقة اللب. ويعتقد العلماء أن الطبقة الداخلية للنواة قد تتكون أساسا من النيكل والحديد، وهى مواد ثقيلة جدا وقد يصل وزنها النوعى إلى أكثر من ١٧.

الفصل الثانى عشر

السهول والهضاب والجبال

PLAINS , PLATEAUS AND MOUNTAINS

القارات وأحواض المحيطات هى الاشكال البرية الرئيسية، وتعد من المعالم التضاريسية ذات المرتبة الاولى. وقد تعرضنا لها بالدراسة فى الفصول السابقة. والآن سنتناول فى هذا الفصل المعالم التضاريسية من المرتبة الثانية والتى تشمل فى السهول والهضاب والجبال.

١- السهول Plains

السهول مثل الهضاب، (والتي ستناقشها فيما بعد)، توجد تحتها طبقات منبسطة من الصخور. لكن السهول والهضاب تختلف عن الجبال فى ارتفاعها النسبى عن مستوى سطح البحر وكذلك فى كم التضاريس الموجودة. وتوجد معظم السهول تقريبا - وليست كلها - بالقرب من مستوى سطح البحر. ولا يتعدى ارتفاع تضاريسها مئات قليلة من الاقدام فى معظم الأحوال. وتقسم السهول إلى أنماط مختلفة على أساس أصل المواد الصخرية التى تكونت منها.

السهول البحرية أو الساحلية Marine or Coastal Plains

تكونت السهول البحرية الداخلية، مثل سهول وادى المسيسيبي العلوى نتيجة لعملية الرفع مع قليل من الطى والالتواء أو بدونهما. أما السهول الساحلية مثل سهول الاطلنطى بالولايات المتحدة الاميركية فتكونت نتيجة لعملية بروز emergence أرضيات البحر الضحل.

سهول البحيرات Lake Plains

تسمى أيضا السهول البحرية lacustrine. وتكونت هذه السهول نتيجة لعملية بروز أرضية البحيرة. والتي قد تنكشف نتيجة لعملية التبخير والرفع، أو نتيجة لعملية الصرف وهي الأكثر شيوعا. ويشيع وجود مثل هذه السهول في أميركا الشمالية وفي أستراليا.

السهول الطميية، سهول الأنهار Alluvial Plains , River Plains

تكون هذه السهول في وديان الأنهار كهول فيضانية وسهول دلتاوية عند مصبات النهار، أو سهول طميية عند أقدام الجبال (سلسلة من التلاع)، (انظر الفصل السابع). وكلمة طميية Alluvial تعنى أنها تتكون من طمي ورمل أو رواسب أخرى). ومعظم هولندا Holland سهول طميية كونها نهر الراين.

السهول الثلجية Glacial Plains

تكون السهول الثلجية بطريقتين: قد تؤدي عملية التحات بالجليد إلى تسوية سطح الصخور الأفقية التي توجد تحت الثلجة في منطقة ما - وفي مناطق أخرى، قد ترسب مكتسحات السهول outwash plains في جبهة الثلجة (انظر الفصل الثامن).

سهول اللابة Lava Plains

قد تكون سهول واسعة الانتشار من انسياب اللابة lava flow، إما من البراكين السائدة أو من طفح اللابة من الشقوق الكبيرة. وتوجد أمثلة جيدة لهذا النوع من السهول في جزر هاواي وأيسلندا.

٢- بعض السهول البريطانية Some British Plains

سهل سالزبوري Salisbury Plain

يعد هذا السهل من السهول المشهورة جدا (ويطلق عليه البعض اسم هضبة) وهو عبارة عن منطقة كبيرة عالية تتكون من الطباشير تحيط حوض هامبشاير Hampshire.

• السهل الأيرلندي Irish Plain

يشغل هذا السهل معظم وسط أيرلندا، وهو فى الواقع هضبة منخفضة -low lying plateau. ويوجد الحجر الجيري أسفل، ونظرا لأنه سهل ثلجى مناخه رطب جدا، وإن هذا الجزء من أيرلندا معظمه مستنقعات، فمن المحتمل أن يكون هذا السهل الأيرلندي قد تطور من بحيرات ما بعد الفترة الجليدية.

• سهل ميدلاند Midland Plain

يوجد هذا السهل جنوب لنكولنشاير Lincolnshire وهو منطقة طمبية تكونت نتيجة لتغيرات حدثت فى مجارى الأنهار كنهري أوس وويلاند Ouse . Welland

• سهل شيشاير Cheshire Plain

يوجد أسفل هذا السهل قعيرة كبيرة من الدور الترياسى مملوءة بالملح، ويتميز هذا السهل بوجود المستنقعات التى تكوّن بعضها نتيجة للهبوط الذى نشأ بعد استخلاص الملح.

٣- الهضاب Plateaus

هى مساحة كبيرة مسطحة ذات ارتفاع ملموس، تسفلها طبقات من الصخور الأفقية. وعلى النقيض من السهول التى تمثل تضاريس منخفضة، فإن الهضاب تمثل تضاريس عالية. وغالبا ما توجد خنادق ووهاد على سطح الهضبة. ومعظم الهضاب تعلو بأكثر من ألفى قدم فوق منسوب البحر، وبعضها مثل هضبة كولورادو وهضبة التبت ترتفع بأكثر من ميل فوق منسوب سطح البحر.

• هضاب الصدوع Fault Plateaus

فى بعض المناطق تتعرض السهول الموجودة إلى التصدع الرأسى المستمر، الذى يرفع هذه السهول إلى ما فوق منسوب سطح البحر. وتتكون هضاب الصدوع من سلاسل من كتل الصدوع الأفقية المرتفعة. ومن أمثلة هضاب الصدوع، هضبة كولورادو وهضبة شرق أفريقيا التى تعد أكبر هضبة من هذا النوع وهى مجزأة بوديان خفية.

• هضاب الرفع Warped Plateaus

قد ترتفع بعض الهضاب نتيجة لعمليات الرفع uplift البطيئة التى تصاحبها عملية تصدع صغيرة، أو قد لا يكون هناك تصدع بالمرّة. وتعد هضبة الأبلاش بشرق الولايات المتحدة الأمريكية مثالا لهذا النوع من الهضاب.

• هضاب اللابة Lava Plateaus

تتكون هضاب اللابة عندما تنساب اللابة أفقيا ويتراكم بعضها فوق بعض لتتكون منطقة مرتفعة. وتوجد هضبة لابية تمتد من أنتريم Antrim فى أيرلندا إلى أجزاء من أيسلندا وجرينلاند. وأكبر الهضاب اللابية هى هضبة الذّكان Deccan فى جنوب الهند، وكذلك هضبة نهر كولومبيا فى الشمال الغربى للولايات المتحدة، وترتفع كل منهما آلاف الأقدام فوق منسوب سطح البحر. وتمتد كل هضبة لتغطى مساحة تزيد على ٢٠٠ ألف ميل مربع.

٤- الجبال Mountains

الجبال مناطق ذات تضاريس واضحة وذات ارتفاعات عالية، ولها منطقة قمّة صغيرة ترتفع بوضوح تام فوق المناطق المحيطة بها. وهناك بعض الجيولوجيين الذين يخصصون كلمة جبال للمناطق التى تتحرف فيها الصخور أو تضطرب، وفى هذا المجال لا بد أن نستبعد الجبال التحاتية erosional mountains، التى تكونت فوق الهضاب الشديدة التمزق. والجبال التى تتجمع فى مجموعات حيود مترابطة لتكون وحدة متصلة، تسمى سلسلة جبلية. والمنظومة الجبلية mountain system هى مجموعة سلاسل جبلية لها تاريخ جيولوجى مشترك. والسلسلة الجبلية هى وحدة طويلة تتكون من عدة منظومات جبلية mountain systems، بغض النظر عن تشابهها فى الشكل أو علاقات العمر الجيولوجى.

٥- أصل الجبال Origin of Mountains

قد تنشأ الجبال نتيجة للنشاط النارى (تدخلات نارية فى الأعماق أو بفعل البراكين)، أو بفعل الحركات الأرضية «التكتونية». وتصنف الجبال على حسب نوع القوة التى كونتها إلى الأنواع التالية:

• الجبال البركانية Volcanic Mountains

تسمى الجبال التى نتجت عن النشاط النارى النابط -extrusive igne-ous activity باسم الجبال البركانية (شكل ١٠٤ أ). وهذه الجبال قد تتكون من قصبات بركانية volcanic necks (مثل كاسل روك Castle Rock عند سترلنج فى اسكتلندا)، أو تتكون من طبقات قمعية من كسارة مواد نارية -fragmented Igne-ous materials حول عنق مركزى بركانى (مايون Mayon، فى جزر الفلبين)، أو نتيجة لتراكم التدفقات اللاية حول عنق بركانى مركزى (أبلدون هل Eildon Hill فى اسكتلندا)، أو القباب البركانية. وهناك أمثلة من هذه الأنواع الأربعة توجد فى جزر هاواى. وأشهر الجبال فى العالم وأعظمها، يرجع أصلها إلى النشاط البركانى، وهذه تشمل جبل إتنا Etna وفيزوف Vesuvius فى إيطاليا، وفوجى ياما Fujiyama فى اليابان وكذلك بويوكاتيتيل فى المكسيك، كذلك فإن جزر هاواى والوتيان Aleutian هى قسم لسلاسل جبال بركانية ترتفع من أرضية المحيط.

• الجبال المطوية Folded Mountains

قد تسبب الاضطرابات القشرية فى انثناء الطبقات وتضاغطها لتتحنى إلى أعلى آلاف الأقدام (شكل ١٠٤ ب) والطفى الذى ينشأ عادة بفعل عملية تضاغط لطبقات الصخر قد يصاحبه عملية تصدع. وعلى هذا فقد تتكون السلاسل الجبلية من حناثر (anticlines) تتبادل مع قعائر (synclines). وتعد سلسلة جبال يورا Jura فى فرنسا وسويسرا من الأمثلة الكلاسيكية للجبال المطوية. وسلسلة الجبال الأبلاتية Appalachian الموجودة فى شرق الولايات المتحدة تعد من الأمثلة الواضحة لنماذج الجبال التى تكونت بفعل عمليات الطى المصاحبة لعمليات التصدع. ويعرف هذا النوع من السلاسل الجبلية بأنه معقد الطى complexly folded.

ومن أمثلة هذا النوع أيضا من الجبال المطوية، جبال الألب Alps والهمالايا Himalayas والأنديز Andes وسلسلة جبال روكى Rocky Mountains. وهناك بعض النظريات التى تعرضت لتفسير أصل القوى التضاغطية للطى، وقد ورد ذكرها فى الفصل الخامس.

وقد تسبب التدخلات النارية فى رفع الطبقات إلى أعلى لتكوّن قبابا عريضة broad domes. وينشأ مثل هذا النوع من الجبال حينما تغزو الصخور المنصهرة طبقات الأساس الصخرى bedrocks، فتدفع الطبقات التى تعلوها إلى الانحناء إلى أعلى.

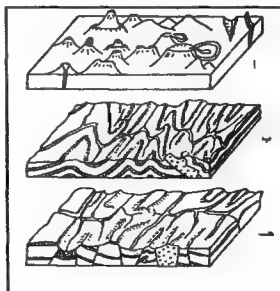
وتعد اللاكوليثات laccoliths هى التدخلات النارية الأكثر شيوعا فى تكوين القباب التى من هذا النوع. ويعتقد أن جبال هنرى Henry Mountains فى يوتا هى قباب لأكوليثية laccolithic domes، ومع ذلك فليست كل الجبال القبابية يرجع أصل تكوينها إلى اللاكوليثات. فمثلا جبال التلال السوداء Black Hills فى جنوب داكوتا لها بنية قبابية عريضة ونواة جرانيتية granitic core، لكن لا يعتقد أنها تكونت بفعل اللاكوليث. وبرغم أن جبال كورندون فى شروب شاير لا تعد جبالا بالمعنى الحقيقى إلا أنها تعد من الأمثلة الممتازة للتلال القبابية الشكل التى تكونت بهذه الطريقة.

• جبال الصدوع أو الجبال الكتلية Fault or Block Mountains

قد تؤدى عملية الصدع إلى رفع كتل ضخمة من القشرة الأرضية أو إلى إمالتها برواىا مختلفة (شكل ١٠٤ ج)، وعلى هذا فإن الكتل الجبلية المنصدعة

شكل (١٠٤)
أنواع الجبال

- أ- بركانية.
- ب- مطوية.
- ج- صدع أو كتلة.



يكون انحدارها شديدا وقصيرا على أحد الجوانب، وعلى الجانب الآخر يكون الانحدار أقل شدة وأطول. وتعد جبال Vosges وجبال الغابة السوداء Black Forest من صدوع الترقق horst التي لم تحدث فيها إمالة للكتل المتصدعة. أما جبال Pennines فجاء منها يتكون من كتل مائلة، تميل بلطف ناحية بحر الشمال.

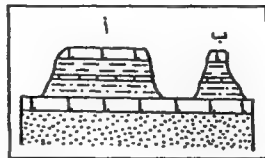
٥- الجبال المعقدة Complex Mountains

تتكوّن كثير من السلاسل الجبلية المعروفة في العالم نتيجة لعمليات النشاط الناري والحركات التكتونية معا.

ونظرا لتعدد التاريخ الجيولوجي لها، فقد سميت بالجبال المعقدة complex mountains. وربما تظهر هذه الجبال شواهد على عمليات الطي والتصدع. والنشاط البركاني، والتدخل الناري، والتقيب doming. ويتكوّن بعض من هذه الجبال المعقدة من الصخور النارية كلية، بينما تتكون جبال أخرى من صخور متحولة أو من صخور رسوبية متحرفة بدرجة قليلة. والمناطق الجبلية في اسكتلندا من نوع الجبال المعقدة، فهي مطوية ومتصدعة بشكل مذهل.

٦- الخلفات السحابية Erosional Remnants

الجبال السحابية أو الجبال المتخلفة residual mountains هي ظواهر طبوغرافية معينة ترتفع بوضوح فوق ما يحيط بها، لكنها لا تتكون من صخور متحرفة. وهي بقايا الأراضي العالية التي تعرضت لعمليات تآكل مستمرة وبمعدلات متفاوتة. وتتكون مثل هذه المعالم على الهضاب العالية الممزقة بشدة. وتشمل الـ Mesas (شكل ١٠٥ أ) والـ Buttes (شكل ١٠٥ ب) والأولى لها قمم مسطحة



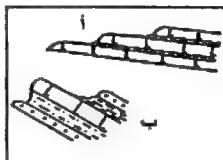
شكل (١٠٥)
بقايا التآكل
أ- هضبة (ميسا).
ب- هضبة مننزلة (بوت).

وعريضة، أما الثانية فهي تلال أصغر حجما وجوانبها أشد انحدارا ولها قمم ضيقة.

وتشيع تلال ميسا فى بريطانيا وبخاصة فى الأراضى الوسطى Midlands وحول كوتسوالدز Cotswolds، ولعل أشهرها تلك الموجودة فى جبل تيبول Table Mountain بالقرب من كيب تاون فى جنوب أفريقيا، والبوتات Buttes (جمع بوت) شائعة كذلك فى جنوب أفريقيا، وتعرف هناك باسم كوبجيز Kopjes (شكل ١٠٦). وحينما تحدث إمالة للطبقات الرأسية القائمة فإنها تسمى كوستا Cuesta أو ظهور الخنازير Hog's Backs (شكل ١٠٦). ويشيع وجود الكوستات فى المناطق التى يوجد فيها الحجر الجيرى متبادلا مع طبقات الطغلة كما فى منطقة بيك Peak District. وكذلك توجد كوستات شهيرة فى منطقة سارى Surrey بين فارنهام وجلدفورد، حيث تتكون من حيد طباشيرى بين طبقات صلصالية رملية رخوة.

شكل (١٠٦)
مظاهر التحات
ب- ظهر الخنزير.

١- كوستا.



وتوجد بقايا صخور منعزلة تكونت بعملیات التحات تسمى مونادنوك Monadnock، وهى بقايا سلاسل جبلية قديمة، ويشيع وجودها فى أستراليا. وترجع التسمية إلى جبل مونادنوك، وهو جبل متبق فى نيوهامبشاير بالولايات المتحدة الأمريكية.

الفصل الثالث عشر

الجيولوجيا والإنسان

GEOLOGY AND MAN

يستخدم الإنسان المعلومات الجيولوجية والثروات التي يستخرجها من الأرض في شتى المجالات. ويعتمد الاقتصاد الصناعى الحديث على استغلال جميع المواد الموجودة فى الأرض، ولذلك فإن مهمة الجيولوجى أن يمد المدينة الحديث بالوقود المعدنى والخامات والمعادن الاقتصادية الأخرى، التى تعد ضرورية للغاية فى عمليات التنمية الصناعية. وفى هذا الفصل سوف نلقى الضوء على بعض المعلومات عن طبيعة وأهمية بعض ما نستخرجه من الأرض من منتجات ذات قيمة اقتصادية عالية، وكيف استغل الجيولوجيون والمهندسون المعلومات الجيولوجية فى مجال البترول والتعدين وغيرها من فروع الجيولوجيا، وكيف استطاع الإنسان أن يغير وجه كوكب الأرض باستغلال المواد المستخرجة من الأرض.

ويحقق علم الجيولوجيا أحد أهم إنجازاته فى مجال الاستكشاف والتنمية والحفاظ على المصادر المعدنية الطبيعية التى تشتمل على الوقود الحفري fossil fuel والمعادن الفلزية واللافلزية والصخور والمعادن التى تستخدم فى الصناعة.

١- الوقود الحفري Fossil Fuel

يعد الوقود الحفري (الفحم والبترول) من أكثر المنتجات أهمية وقيمة للصناعة الحديثة. وكلمة «حفري fossil» التى تصف الوقود، سواء منه الفحم أو البترول، تدل على أنهما قد نتجا من مخلفات الحياة فى الماضى.

الفحم Coal

وقود حفري أصله نباتي، يوجد في أنواع معينة من الصخور الرسوبية، ويتكون من الكربون والهيدروجين والأكسجين والتروجين، لكنه يحتوى فى العادة على كمية من الكبريت وكذلك السليكا وأكسيد الألومنيوم فى صورة شوائب. ويتكون الفحم نتيجة لعملية التكرين أو التصفم carbonization، وهى عملية تتحلل فيها المواد النباتية حيث تفقد الماء والمواد المتطايرة مما يؤدى إلى تركيز الكربون (انظر الفصل الخامس عشر أيضا) وفى الفصل الرابع من هذا الكتاب يوجد شرح لأنواع المختلفة للفحم وطرق تكوينها. والفحم ليس موجودا بوفرة وحسب، بل إنه واسع الانتشار فى العالم؛ وتعد ألمانيا والولايات المتحدة وبريطانيا العظمى أهم دول العالم فى إنتاج الفحم.

وينشأ معظم الفحم من بقايا نباتات الدور (العصر) الكربونى. ويستخرج الفحم فى بريطانيا من وادى مدلاند Midland Valley فى اسكتلندا ونورثمبرلاند Northumberland ودرهام Durham وكمبرلاند Cumberland ولانكشاير Lancashire ويوركشاير Yorkshire ودرى شاير Derbyshire ونوتنجهام Nottingham وليستر شاير Leicestershire وستافورد Stafford وشوريشاير Shropshire وشمال وجنوب ويلز Wales وكنت Kent. وبالرغم من أن البترول قد حل مكان الفحم فى كثير من الأغراض الصناعية، إلا أن بريطانيا مازالت تنتج كل عام ١٥٠ مليون طن من الفحم.

البترول Petroleum

يعتقد معظم الجيولوجيين أن البترول (الزيت والغاز) قد تكون أصلا من بقايا النباتات والحيوانات البحرية الدقيقة التى دفنت فى الطين والرمال فى البحار الضحلة التى كانت موجودة فيما قبل التاريخ والتى تحللت تدريجيا بواسطة البكتيريا، مخلقة بقايا من مركبات هيدروكربونية. وبالرغم من أن العمليات التى تحولت عن طريقها المواد العضوية إلى بترول، ليست مفهومة بدقة، إلا أنه من المؤكد، أن هذه العمليات استغرقت وقتا طويلا جدا، مصحوبا بتزايد فى درجة حرارة الرواسب وتضاغطها.

ويعد أن يتكون البترول يتقل من الطين والطفلة التي تكون فيهما إلى صخور أكثر مسامية، ثم يهاجر إلى بنيات صخرية ملائمة لتجميعه. وتسمى الصخور التي تكون فيها الغاز والزيت باسم صخور المصدر source rocks، وتكون في العادة الصلصال الأدكن اللون والطفلة ذات المحتوى العالي من المواد العضوية. وتسمى الصخور المسامية والمنفذة porous and permeable صخور المكنم reservoir. وتعد الرمال والأحجار الرملية والحجر الجيري المسامي والدولوميت من صخور المكنم الفعالة. أما المصائد traps فهي مناطق في صخور المكنم تُوقف هجرة الزيت أو الغاز وتسبب في تجمعهم بمكانه. ومن المصائد المهمة، الطيات المحلية (الخناتر) والصدوع وقباب الملح.

ولكى تتكون بركة بترول oil pool (طبقة مسامية أو صخر مشبع بالزيت)، فلا بد أن يتوافر:

أ - طبقة مصدر source bed .

ب - صخر مكنم reservoir rock .

ج - مصائد أو بنيات traps or structures .

والمهمة الأساسية للجيولوجي الذي يعمل في مجال البترول أن يحدد أماكن هذه المصائد التي تكون مناسبة لوقف هجرة الزيت أو الغاز، ويتم ذلك بطرق عديدة، فيقوم الجيولوجي بدراسة الخرائط الليشولوجية للصخور المنكشفة على السطح وقد يقوم بفحص كسارة الصخر fragments التي تأتي إلى السطح من الحفر الاستكشافي. وبالإضافة إلى ذلك فإن كثيرا من شركات البترول تستخدم وسائل جيوفيزيكية للبحث عن البترول. ويتطلب مثل هذا النوع من البحث والتنقيب نوعا من السيزموجراف يشبه ذلك الذي يستخدم لقياس الزلازل (انظر شكل ٩٨). وتعتمد الطريقة الفنية المعروفة باسم التنقيب الجيوفيزيقي على إحداث هزات أرضية باستخدام مواد متفجرة، ويسجل السيزموجراف المسار الذي تسلكه الموجات الناتجة عن هذه الهزات السيزمية الصناعية أثناء انتقالها عبر الصخور. ومن التسجيلات السيزمية، يمكن الاستدلال على نوعية الصخور الموجودة، وكذلك أعماقها التقريبية، كما يمكن معرفة إمكانية وجود مصائد بترولية مناسبة.

ويوجد البترول فى أماكن كثيرة من العالم وفى صخور يتردد مدى العمر فيها من الكمبرى Cambrian حتى الثالث المتأخر Late Tertiary . وفى بعض المناطق، ينتج الزيت من آبار لا تبعد عن سطح الأرض سوى أقدام قليلة. بينما فى أماكن أخرى، يستخرج البترول من آبار تبعد عن سطح الأرض أميالاً عديدة. ويزيد إنتاج البترول فى الولايات المتحدة عن إنتاج البترول فى كثير من الدول مجتمعة، وتعد ولاية تكساس هى المنتج الرئيسى للبترول فى الولايات المتحدة الأمريكية.

ومن أهم الدول المنتجة للبترول أيضاً، الاتحاد السوفيتى (سابقاً) ورومانيا ودول الشرق الأوسط (المملكة العربية السعودية وإيران والعراق) وأندونيسيا وفنزويلا وكولومبيا ودول أخرى فى أميركا الجنوبية. وكندا والمكسيك أيضاً تعدان من الدول المنتجة للبترول. وتوجد بعض التجمعات البترولية القليلة فى أجزاء من بريطانيا. وحقل البترول الموجود فى يوركشير لم يثبت بعد أنه جدير بتكاليف استخراج البترول منه. لكنه توجد بئر بترولى صغيرة تقع شمال نوتنجهام، تنتج عشرات الآلاف من أطنان الزيت سنوياً. لكن الاكتشافات ذات المغزى الاقتصادى الكبير هى تلك التى أنجزت تحت سطح بحر الشمال منذ بضع سنوات، وبدأ توزيع الغاز عن طريق شبكة من الأنابيب، تتصل بالآجهزة التى تعمل بالغاز. ويجرى حالياً تطوير واستغلال حقول البترول الكثيفة التى ستحل مشكلة توفير الطاقة للبلاد لعشرات السنين المقبلة. وقد اكتشف أخيراً زيت وغاز طبيعى فى أستراليا.

وفى سبتمبر عام ١٩٦٩ عرضت أراضي «بالقرعة» لأول مرة فى الاسكا للتقرب عن البترول فيها، ودفعت فيها مبالغ فلكية فى مزاد غريب الشأن، بلغ إيراها بلايين الدولارات.

٢- المعادن الفلزية Metallic Minerals

تشمل المعادن الفلزية والحامات المعدنية، المواد القيمة مثل الألومنيوم والنحاس والذهب والرصاص والزنك والقصدير والزنك والحديد والنيكل، كذلك فإن المعادن المشعة مثل اليورانينيت uraninite (أو البثبلند)

والكارنوتيت carnotite تعد من المعادن المهمة. وتوجد فى الفصل الثانى من هذا الكتاب معلومات عن أماكن وجود أهم المعادن الفلزية واستخداماتها وكذلك صفاتها الفيزيكية والكيميائية. وتوجد المعادن الفلزية فى الصخور النارية والرسوبية والمتحولة. كما أن الخامات الفلزية توجد فى صورة عروق معدنية، وتتكون بعض العروق المعدنية عندما ترسب المياه الأرضية بعضا من المعادن الفلزية التى تحملها، فى فجوات الصخور. وهناك نوع آخر من المعادن الفلزية يرتبط بالنشاط النارى، ويتكون عندما تحقن الصهارة فى صخور المنطقة. وهذا النوع الأخير يرتبط بمناطق التحول التماسى (انظر الفصل الخامس) على طول حافات التدخلات النارية. وتوجد فى بعض المناطق تركيزات متخلفة concentrations residual من خامات نتجت عن عملية التجوية الكيميائية، مثل خامات الألومنيوم القيمة (البوكسيت) التى تكونت نتيجة لتجوية أنواع معينة من الصلصال والجرايت أو صخر السيانيت syenite، التى تحتوى على كميات كبيرة من الألومنيوم. كذلك فإن بعضا من أضخم رواسب الحديد فى العالم، يعتقد أنها تكونت بنفس هذه الطريقة.

وتوجد المعادن الفلزية أيضا فى تركيزات طبيعية ميكانيكية تسمى رواسب البرقة placer. وهناك تراكمت لثل هذه الخامات فى الرمال والجراول فى طبقات مجارى الأنهار التى نحتت وفتت الصخور التى كانت توجد فيها هذه الفلزات أصلا. فهناك الذهب فى مجرى نهر ساكرامنتو Sacramento بكاليفورنيا، وكذلك الذهب (مع البلاسين) الذى يوجد فى جراول جنوب أفريقيا، والقصدير الذى يوجد فى جراول بالملايو. وهناك أيضا اللافلزات الثمينة مثل الألماس فى جنوب أفريقيا. هذه بعض الأمثلة لرواسب البرقة التى تستغل فى الوقت الحاضر. كذلك توجد بعض الرواسب المعدنية التى تبدو أنها نتجت عن ترسيب المعادن فى بحيرات وبحار ما قبل التاريخ، وتشمل هذه الرواسب بعض أضخم رواسب الحديد فى الولايات المتحدة وفرنسا وكذلك رواسب المنجنيز الهائلة فى روسيا.

وحاليا يستخدم جيولوجى المناجم المدرب جيدا تقنيات جيوفيزيكية وجيولوجية كثيرة وأجهزة متطورة مختلفة لتحل محل الطرق التقليدية القديمة لالتقاط الذهب من أماكنه.

Non-Metallic or Industrial Rocks and Minerals

بالإضافة إلى الوقود الحفري والمعادن الفلزية، توجد مجموعة مهمة من الصخور والمعادن تستخدم لأغراض كثيرة وليس بسبب ما تحتويه من فلزات. ومن أمثلة تلك المواد القيمة، الأسبستوس (الصخر الحريري) والكوارتز والرمال والصلصال والأسمنت والخصبات المعدنية والملح والجير والكبريت. ومن المواد اللافلزية المستخدمة، أحجار البناء والزينة مثل الحجر الرملي والجرانيت والحجر الجيري والملح والرخام، وكلها ذات أهمية اقتصادية. وقد سبقت دراستها في فصول مقدمة من هذا الكتاب.

٤ - الجيولوجيا الهندسية Engineering Geology

الجيولوجيا الهندسية هي تطبيق علم الجيولوجيا لحل مشاكل عديدة مهمة وعمليات مؤثرة في الهندسة المدنية. مثال ذلك إقامة السدود والقناطر والقنوات والخزانات والأنفاق والمباني الشاهقة الارتفاع، وكذلك البنيات الثقيلة، وكلها لا يمكن إنجازها بنجاح بدون تفهم بعض المشاكل الجيولوجية الأساسية. ولسوء الحظ فإن هذه الحقيقة قد لا تؤخذ دائماً في الاعتبار، ويترتب على ذلك حدوث العديد من الانزلاقات الأرضية وانهيار السدود والأنفاق. وقد يكون السبب في ذلك ممارسات هندسية خاطئة لم تأخذ في حسابها الظروف الجيولوجية ومشاكلها ومحاولة حلها.

٥ - الإنسان، العامل الجيولوجي Man , the Geologic Agent

في فصول سابقة، تعرضنا بالدراسة إلى عوامل جيولوجية كثيرة مثل الماء والجليد والجاذبية والبحر، لكننا لم نتحدث عن عامل مهم وهو الإنسان. ف منذ ٣٥ ألف سنة مضت، بدأ النوع البشري *Homo sapiens* يظا الأرض. وبدأ يغير العالم المحيط به. ولقد تحدثنا عن أثر أنشطة الإنسان في البحيرات والسدود والخزانات. والخزانات الموجودة في بريطانيا، بما في ذلك الخزانات التي تقع في جبال ويلز،

والتي تمد بريطانيا باحتياجات الصناعة من الماء، تعد ضئيلة بمقارنتها بما يتحدث من بحيرات اصطناعية في أفريقيا وفي أماكن أخرى من العالم. ويقوم مشروع الجبال الثلجية snowy mountains، الذي بدأ في أستراليا منذ ٢٥ عاما وأوشك على الانتهاء، بتحويل ٣٠٠٠ ميل مربع من الجبال ذات المناظر الخلابة إلى بحيرة ضخمة يطلق عليها اسم إيوكامبين Eucumbene، وقد استلزم ذلك تحويل مجارى ثلاثة أنهار ضخمة. ويوجد في بريطانيا مشروع يهدف إلى إغراق خليج موركامب الصغير وبناء خزان تحتاج إليه المنطقة بشدة.

وقد تركت المحاجر ندبا وعلامات على جوانب التلال (أحجار البناء من دارتمور Dartmoor وجبال بينينس Pennines، وأيضا الصلصال من حوض لندن London Basin). وتؤدي المناجم المفتوحة إلى تشويه المناظر الطبيعية. ومن أمثلة ذلك مجموعة جبل عيسى Mount Isa Complex التي تمد أستراليا بالنحاس والفضة والزنك والرصاص. وكثير من محاجر الصلصال، تم إغراقها بالماء بعد أن انعدمت قيمتها الاقتصادية. ومثل هذه المحاجر كانت موجودة في نيوود Nyewood بالقرب من بيرترفيلد في هامبشاير Hampshire، حيث كان يوجد مصنع صغير للطوب يستخدم صلصال الجولت gault clay، حتى أوائل الستينيات. وفي المكان نفسه اكتشفت أمثلة ممتازة من الأمونيات ammonites والجبس التبلور ومنعقدات nodules الفوسفات والبيريت. وفي الوقت الحالي تم إغراق هذه المحاجر وأقيم عند مدخلها مصنع للزجاج. ولا يسمح حاليا بحفر المحاجر إلا إذا كانت الأرض تسمح بإنشاء بحيرة مكانها وأن تروم وتزوع بالحشائش.

وتوجد أكوام النفايات (الخبث) التي خلفها الإنسان، ملقاة تشوه جمال الريف. وهناك أيضا تلال في الشرق الأوسط تراكمت وغطت بعض المدن الأثرية القديمة.

ولقد ساعد الإنسان الرياح في القيام بعملها التحاتي، وذلك بإزالته واقتلاعه للنباتات الطبيعية، وكذلك بعمليات الفلاحة التي خلفت وراءها من النفايات ما أصبح بعد سنوات قليلة نوعا من جفان التراب dust bowels.

وتتعرض مناطق المناجم إلى عمليات الهبوط أحيانا، ولقد سبق أن ذكرنا بعض الظواهر التي نشأت في وسط مقاطعة شيشاير Cheshire بإنجلترا، نتيجة لضخ المياه الملحية من الطبقات تحت السطحية.

وسوف تغير الأنشطة المتزايدة التي لها اتصال بآبار البترول في الاسكا - وجه الحياة هناك. ومثل هذه المشروعات قد تسبب القلق لأولئك الناس الذين يحرصون على الحفاظ على البيئة. ولقد قام الإنسان بالفعل بكثير من الأعمال التي أدت إلى انقراض أنواع كثيرة من الحيوانات. ويجب التنويه إلى أن البيئة الطبيعية مهددة بالمزيد من انقراض الحيوانات، لكن أخيرا بدأ الإنسان يتعلم كيف يحافظ على مستقبل الحيوانات وأيضا يتعلم الحفاظ على المناظر والمصادر الطبيعية في كوكبنا، ولو أن هذا الاهتمام جاء متأخرا بعض الشيء.

القسم الثاني

PART 2

الجيولوجيا التاريخية

HISTORICAL GEOLOGY

الفصل الرابع عشر

أصل الأرض وعمرها

THE ORIGIN AND AGE OF THE EARTH

يختص القسم الأول من هذا الكتاب بالسّمات الفيزيقيّة للأرض وكذلك بالعمليات الجيولوجية التي تعمل فيها. وفي الفصول التالية، سوف نناقش أصل الأرض وعمرها. وسنحاول إعادة هيكلة بعض الأحداث المهمة التي وقعت في الماضي الجيولوجي. وأخيرا، فإننا سوف نوضح كيف أن الخريطة الجيولوجية لمنطقة ما، تسجل ثروة من المعلومات الفيزيقيّة والتاريخية لهذه المنطقة.

١- أصل الأرض The Origin of the Earth

من أين أتت الأرض ؟ وكيف بدأت ؟ لقد ظل الإنسان يتأمل في مثل هذه الأسئلة منذ بداية التاريخ المكتوب. وهو مازال متحيرا في الإجابة عن هذه الأسئلة، وما زالت المشكلة بلا حل. ولكن نتج عن ذلك عدد من الفرضيات hypotheses، وحتى الآن، لم يحظ أي من هذه الفروضيات بالقبول والافتتاح التام.

الفرضية السليمية The Nebular Hypothesis

تقول هذه الفرضية إن النظام الشمسي بدأ من سديم Nebula «سحابة غازية ضخمة جدا ذات شكل قرصي». وقد نشأت هذه الفكرة لأول مرة عام ١٧٥٥ عندما نادى بها الفيلسوف الألماني إيمانويل كانت Immanuel Kant. ثم أتى بعد ذلك عالم الرياضيات الفرنسي بيير لابلاس Pierre Laplace عام ١٧٩٦ فطور الفرضية وصاغها بطريقة علمية. وبالرغم من أن «كانت» و «لابلاس» قد توصلا إلى نفس الاستنتاج، إلا أن «لابلاس» لم يكن يعلم بعمل «كانت» السابق.

وقد افترض «كانت» و «لابلاس» أنه في فترة زمنية من الماضي السحيق، كان يدور في الفضاء - ببطء - سديم هائل الحجم يمتد قطره إلى أبعد من المدار الخارجى لأقصى كوكب من كواكبنا. وبدأ هذا السديم فى الانكماش مع تبرده المستمر. وتبع ذلك زيادة سرعة حركته الدائرية. وفى نهاية الأمر ازدادت سرعة حافة السديم لدرجة أن القوة الطاردة المركزية تغلبت على القوة التجاذبية فانفصلت حلقة من الغاز عن الجسم الرئيسى للسديم. واستمر السديم فى الانكماش وفى الدوران بسرعة متزايدة، واستمر انفصال الحلقات الغازية الواحدة تلو الأخرى حتى بلغ عددها عشر حلقات وتكثفت ببطء تسع من هذه الحلقات المنفصلة لتكوّن كواكبنا التسعة. أما الحلقة السادسة من هذه الحلقات فبدلاً من تكثفها فى وحدة واحدة، انفجرت إلى كتل كثيرة صغيرة هى الكويكبات، وبعد ذلك تكثفت كتلة السديم المركزية لتكوّن الشمس.

وقد لاقت الفرضية السديمية القبول ودعمها الكثير من الأدلة العلمية فى القرن التاسع عشر. ولكن البحوث التى أجريت بعد ذلك بينت أن هذه الفرضية غير مقبولة، ومن ثم تم استبعادها فى بداية القرن العشرين. وهناك اعتراضات كثيرة عليها من أهمها أن الميكانيكية التى افترضت النظرية على أنها كانت السبب فى انفصال حلقات السديم تعد مستحيلة لأن سرعة دوران الشمس على درجة شديدة من البطء بالمقارنة بسرعة دوران الكواكب.

فرضية الكويكبات Planetesimal Hypothesis

طبقاً لهذه الفرضية، كانت الشمس نجماً بلا كواكب فى وقت ما فى الماضى البعيد، ومراًً نجم آخر قريباً جداً من الشمس، مما أوجد قوة جذب هائلة، بحيث إنها كانت كافية لكى تجذب كتلاً عظيمة من المادة من جانبي الشمس المتقابلين. ولما انتزعت المادة من الشمس تبردت وتكثفت على هيئة جسيمات تسمى الكويكبات Planetismals وعملت أكبر هذه الكويكبات كنوى nuclei جذبت باقى الكويكبات. وأخذت هذه الكويكبات فى الكبر تدريجياً باكتساحها الكويكبات الأخرى التى قابلتها فى مدارها حتى وصلت إلى حجمها الحالى، ثم اتخذ كل جسيم من هذه الكويكبات مداره الخاص حول الشمس. ويعتقد أن الأقمار (التوابع)

satellites قد تكونت من أجزاء صغيرة من الكويكبات كانت توجد بالقرب من النوى التى تكونت منها الكواكب .

وبالرغم من أن فرضية الكويكبات ظلت مقبولة لعقود كثيرة، إلا أن هناك اعتراضات جيولوجية وفلكية عديدة على هذه الفرضية. مثال ذلك : معظم المعلومات التى نعرفها عن بنية الأرض تقول إن الأرض كانت أساسا فى حالة منصهرة، بينما تقول فرضية الكويكبات إن الأرض كانت بدايتها كوكب فى الحالة الصلبة، هذا بالإضافة إلى أنه من المشكوك فيه أن الكويكبات قد تجمعت بعضها مع بعض نتيجة لعملية التزايد accretion، لأن تصادم هذه الجسيمات فى الفضاء الخارجى، يمكن أن يؤدى إلى تخطيمها .

الفرضية المائعة أو الغازية Tidal or Gaseous Hypothesis

تشبه هذه الفرضية، فرضية الكويكبات التى سبق ذكرها، حيث تفترض وجود شمس أصلا ومر بالقرب منها نجم زائر . وقد قدم هذه الفرضية المائعة عالم الفلك «سير جيمس جينز Sir James Jeans» وعالم الجيوفيزيقا «سير هارولد جيفريز Sir Harold Jeffreys» فى محاولة للتغلب على بعض الاعتراضات التى واجهت فرضية الكويكبات. وقد وافق العالمان وتقبلا فكرة التصادم الذى كاد أن يحدث بين الشمس ونجم آخر، لكنهما اعتقدا أن المواد التى جذبت من الشمس خرجت منها على هيئة خيط أو ذراع طويلة شكلها أشبه بالسجائر وتتكون من غازات شمسية solar gases. ثم انفصل هذا الخيط الغازى إلى وحدات أصغر، تكثفت فى صورة منصهرة، ثم أصبحت فى نهاية الأمر كتلا متصلة كونت الكواكب. ويرى علماء الفلك أن الخيوط الغازية لا يمكن أن تكون أجساما صلبة مثل كواكبنا؛ لأن هذه الخيوط سوف تتلاشى وتختفى فى الفضاء، فلهذا السبب ولغيره من الأسباب، لم يستمر قبول هذه الفرضية طويلا ولاقت معارضة من معظم العلماء .

التقدم الحديث فى علم الكون Recent Advances in Cosmology

أدى التقدم الحديث فى علوم الرياضيات والفيزيقا والفلك إلى وجود تصورات حديثة عن أصل النظام الشمسى. وتعد الفرضية

الكهرمغناطيسية Electromagnetic Hypothesis التي وضعها العالم ألفين Alfven عام ١٩٤٢ وفرضية السحابة Nebular Hypothesis التي وضعها العالم فون فيزاكير Von Weizsacker عام ١٩٤٤ وفرضية نوكا Hypothesis Nova التي افترضها العالم هويل Hoyle عام ١٩٤٥ وكذلك فرضية سحابة الغبار Dust-Cloud التي وضعها العالم ويل Whipple عام ١٩٤٧؛ كل هذه الفرضيات أدت إلى تقديم تصور جديد معقول عن أصل النظام الشمسي وتكوين المجموعة الشمسية.

٢- عمر الأرض The Age of The Earth

والآن بعد أن تأملنا وتصورنا كيف تكونت الأرض، فلا بد لنا أن نعرف متى تكونت. تتردد التقديرات الخاصة بعمر الأرض بين ستة آلاف سنة (كما قدره علماء اللاهوت Theologians) وعشرة آلاف مليون سنة (حسب تقديرات علماء الفلك والفيزيكا) ومع ذلك فإن آخر الأدلة العلمية تدل على أن عمر الأرض أقرب ما يكون إلى ٤٥٠٠ مليون سنة.

كيف لنا أن نعرف ذلك ؟ قبل محاولة الإجابة عن هذا السؤال، لابد لنا أن نعتنى بتفهم مقياس الزمن الجيولوجي geologic time scale، حيث إن ذلك سيساعدنا كثيرا على فهم القدم البالغ لكوكبنا.

٣- العمود الجيولوجي Geologic Column

ومقياس الزمن الجيولوجي Geologic Time Scale

يقصد بالعمود الجيولوجي التابع الكلى للصخور، من أقدمها إلى أكثرها حداثة، والتي توجد منها في الأرض كلها أو في منطقة بعينها. وعلى هذا فإن العمود الجيولوجي لمنطقة معينة يشمل كل أقسام الصخور الموجودة في تلك المنطقة. وبالرجوع إلى العمود الجيولوجي الذى سبق تعيينه لمنطقة محددة، فإن الجيولوجي عليه أن يعرف أى أنواع الصخور التى يتوقع أن يجدها في هذه المنطقة المحددة.

ويتكون مقياس الزمن الجيولوجي (شكل ١٠٧) من مراحل مسماة من الزمن الجيولوجي ترسبت خلالها الصخور المثلة فى العمود الجيولوجي. وتحمل

هذه المراحل الزمنية time intervals الأسماء نفسها التي كانت مستخدمة أصلاً لتمييز الوحدات الصخرية في العمود. فمثلاً يمكن أن نتحدث عن الدور الأردفيشي (إذا قصدنا أن نتحدث عن مقياس الزمن الجيولوجي) أو نتحدث عن الصخور الأردفيشية (إذا قصدنا التحدث عن العمود الجيولوجي).

مقياس الزمن الجيولوجي			
الحقب	الدور	العصر	متابع الحياة
الحياة الحديثة التيروزوي	الدور الرابع صفر - مليون سنة		
	الدور الثالث ٦٢ مليون سنة		
الحياة المتوسطة التيروزوي	الطبليثيري ٧٢ مليون سنة		
	الجوراسي ١٦٠ مليون سنة		
	الترياسي ١٤٩ مليون سنة		
	البرمي ٢٥٠ مليون سنة		
الحياة القديمة التيروزوي	الكربوني ٢٦٥ مليون سنة		
	الديفوني ٣٦٠ مليون سنة		
	السلوري ٤٢٠ مليون سنة		
	الأردفيشي ٧٥٠ مليون سنة		
	الكمبري ١٠٠٠ مليون سنة		
	نُظف ما قبل الكمبري		
	حقب البروتيزوزوي		
العصر التفرّيب للارض يزيد على ٤٥٠٠ مليون سنة			

شكل (١٠٧)

مقياس الزمن الجيولوجي

وقد بنى العمود الجيولوجى ومقياس الزمن الجيولوجى على أساس قاعدة تعاقب الطبقات principle of superposition، وتقضى هذه القاعدة الواضحة والمهمة على أنه «فى أى تتابع صخرى، ما لم يكن قد تعرض لعمليات الانقلاب، يكون الصخر أقدم من كل الصخور التى تعلوه ويكون أحدث من كل الطبقات الصخرية التى توجد تحته، وهذه العلاقة الحلقية للصخور بالإضافة إلى الحفريات (إذا وجدت)، تعطى الجيولوجى بعض الأدلة على العمر النسبى للصخور. والعمر النسبى لا يبين العمر مقلدا بالسنين، لكنه يحدد العمر وعلاقته بحوادث أخرى سجلت فى الصخور. وقد أمكن أخيرا تقدير عمر وحدات صخرية معينة بالسنوات. وهذا النظام لتأريخ الصخور، بنى أساسا على وجود معادن مشعة فى الصخور (سيوصف ذلك فى نهاية هذا الفصل)، وجعل من الممكن استنباط مقياس زمن مطلق يعطينا فكرة عن الفترة الزمنية الهائلة التى مرت على تكوين أقدم الصخور المعروفة. وكذلك استخدمت هذه الطريقة للتأكد من الأعمار النسبية للوحدات الصخرية المختلفة التى كانت قد قدرت من قبل.

وحدات مقياس الزمن Units of Time-Scale

يعد الحقب Era أكبر وحدة للزمن الجيولوجى، ويقسم كل حقب إلى و ١ ات زمنية أصغر تسمى الواحدة منها دورا period. ويقسم الدرر period من الزمن الجيولوجى إلى عصور epochs تنقسم بدورها إلى وحدات زمنية أصغر هى النسق series والنطق zones ويمكن أن يقارن مقياس الزمن الجيولوجى بالتقويم calendar الذى تقسم السنة فيه إلى أشهر، والأشهر إلى أسابيع، والأسابيع إلى أيام. ومع ذلك فإن مقياس الزمن الجيولوجى يختلف عن السنين، حيث إن وحدات الزمن الجيولوجى غير متساوية فى الطول؛ وعلى ذلك فإن الجيولوجى عند تقديره لعمر نسبى لا يمكنه أن يتأكد من المقدار الدقيق للزمن الذى استغرقته كل وحدة زمنية يدرسها. ومع ذلك فإن مقياس الزمن يستخدم معيارا يمكن بواسطته مناقشة العمر النسبى للصخور والحفريات التى تضمها هذه الصخور. فمثلا، يمكن لنا أن نقرر أن حادثة معينة قد وقعت فى حقب الحياة القديمة أو الباليوزوى Paleozoic Era، بنفس المفهوم الذى نقول به إن شيئا ما قد وقع فى عهد الإصلاح.

ينقسم الزمن الجيولوجي إلى خمسة أحقاب وقد سمي كل حقبة باسم يصف درجة تطور الحياة المناسبة لهذا الحقب، مثال ذلك، حقبة الحياة القديمة Paleozoic يعنى الحياة (التيقة) «ancient-life». وقد سمي بهذا الاسم نظرا لأن مرحلة الحياة وتطورها في هذا الحقب، كانت بسيطة نسبيا. وفيما يلي الأحقاب الجيولوجية الخمسة والترجمة الحرفية لكل اسم:

recent - life	حياة حديثة	Cainozoic	كاينوزوى
middle - life	حياة متوسطة	Mesozoic	ميزوزوى
ancient - life	حياة قديمة	Paleozoic	باليزوى
fore - life	ياكورة الحياة	Proterozoic	بروتيزوزوى
beginning - life	بداية الحياة	Archeozoic	اركيوزوى

وفي هذه القائمة، وضع أقدم الأحقاب في أسفلها، لأن الزمن الجيولوجي الأقدم يوضع دائما في أسفل ثم يليه إلى أعلى الزمن الأحدث، ولهذا فإن مقياس الزمن الجيولوجي يقرأ دائما من أسفل إلى أعلى.

وتُقسم صخور الأركيوزوى والبروتيزوزوى في مجموعة واحدة في العادة وتسمى ما قبل الكامبري Pre - Cambrian. ويحتوى السجل التاريخي للأرض لهذه الفترة الزمنية على حفريات قليلة جدا، ولهذا فإن دراسته وتأويله interpretation تعتمد من الأمور الصعبة. وقد قدر أن حقبة ما قبل الكامبري يستغرق ما يقرب من ٨٥ ٪ من إجمالي الزمن الجيولوجي.

وتقسم أحقاب الباليوزوى والميزوزوى والكاينوزوى إلى أدوار periods وقد أخذت معظم أسماء هذه الأدوار من المناطق التي وصفت فيها صخورها لأول مرة. مثال ذلك صخور الدور الديفوني، درست لأول مرة في منطقة ديفونشاير Devonshire (تتابع الصخور في هذه المنطقة المصدر يسمى القطاع النموذج type section).

وقد قسم حقب الحياة القديمة (الباليوزوى) إلى ستة أدار six periods من الزمن الجيولوجى. وفيما يلى قائمة بهذه الأدار الجيولوجية وأساس تسميتها، مرتبة من أسفل إلى أعلى حسب الأقدم:

- البرمى Permian، نسبة إلى إقليم Perm فى روسيا.
- الكربونى Carboniferous، لارتباطها بالنباتات المكونة للفحم.
- الديفونى Devonian، نسبة إلى ديفونشاير.
- السيلورى Silurian، نسبة إلى قبائل سيلورز Silures القديمة فى ويلز Wales.
- الأردوفيشى Ordovician، نسبة إلى قبائل أردوفيسز Ordovices القديمة فى ويلز Wales.
- الكامبرى Cambrian، نسبة إلى كامبريا Cambria وهو الاسم اللاتينى لويلز.
- (فى النظام الأمريكى، يضع الجيولوجيون الأمريكيون دورين هما الميسيسى Mississippian والبسلفانى Pennsylvanian بدلا من الدور الكربونى).
- وفيما يلى قائمة بأدوار حقب الحياة المتوسطة ومصادر تسميتها:
- الطباشيرى Cretaceous، من كلمة Creta اللاتينية ومعناها طباشير.
- الجوراسى Jurassic، نسبة إلى جبال الورا بين فرنسا وسويسرا.
- الترياسى Triassic، من الكلمة اللاتينية Trias معناها ثلاثة.
- أما حقب الحياة الحديثة (الكائوزوى) فينقسم إلى دورين هما:
- الدور الرابع Quaternary Period.
- الدور الثالث Tertiary Period.

واسما هذين الدورين هما ما بقى من نظام تقسيمى لم يعد مستخدما، كانت تقسم فيه كل صخور العمود الجيولوجى إلى أربع مجموعات.

• وحدات الصخور Units of Rocks

عند رسم خريطة جيولوجية أو صورة كاملة لمنطقة ما أو لحقب ما، يبدأ الجيولوجى بأصفر الوحدات الصخرية وهى الطبقة bed، وتعرف بأنها أصغر جزء مستقل ومنفرد من الصخر. وتكون الطبقات المنضمة بعضها مع بعض النطاقات zones. وتسمى النطاقات طبقا للحفريات المميزة التى توجد فيها، فمثلا أعلى نطاق من الطباشير فى بريطانيا، يسمى نطاق ماكروناتا Mucronata نسبة إلى وجود حفرة بلمنيت فى هذا النطاق. وهذا الطباشير ما هو إلا أحد التكوينات formations الذى يوجد فى نظام الطباشيرى Cretaceous system. وتعد المرحلة stage وحدة متوسطة بين النطاق zone والتكوين formation مثال ذلك مرحلة الداني Danian stage (بالرغم من عدم وجودها فى بريطانيا).

ويتكون التسق series من تكوينات عدة، فالطباشيرى العلوى فى بريطانيا يشمل تكوين جولت Gault وتكوين الرمل الأخضر العلوى Upper Greensand، وتكوين الطباشير Chalk.

وغالبا يكون اسم التكوين formation اسما مزدوجا double name ليدل على اسم المكان location ونوع الصخر rock type؛ مثال ذلك حجر جيرى وينلوك Wenlock Limesrone فى بريطانيا (من الدور السيلورى)، وهو الحجر الجيري الذى يكون «حافة وينلوك» فى شروشاير Shropshire.

٤ - قياس الزمن الجيولوجى Measuring Geologic Time

يستخدم الجيولوجيون طرائق عديدة لتقدير عمر الأرض، وقد ثبت أن بعضا من هذه الطرائق بلا فائدة، أو أنها تعطى تقديرا تقريبا إلى حد كبير فى أحسن الاحتمالات. لكن هناك طرائق أخرى تعطى نتائج أكثر دقة مثل الطرق الإشعاعية.

• ملوحة البحار Salinity of the Sea •

من المحتمل أن المحيطات كانت أصلاً مياهاً عذبة، لكنها أصبحت ملحة بعد ذوبان الأملاح من التربة التي حملتها الأنهار إلى البحار. وتشير التقديرات التي أجريت لحساب عمر الأرض على أساس نسبة الملوحة الحالية في البحار، إلى أن ملوحة البحار الحالية استلزمت فترة زمنية قدرها ١٠٠ مليون سنة. لكن هذا التقدير يعد غير واقعي نظراً لأن كثيراً من الملح قد دخل ضمن دورات ترسيبية عديدة، هذا بالإضافة إلى وجود مشاكل أخرى أثبتت أن هذه الطريقة لا يعتمد عليها.

• معدل الترسيب Rate of Sedimentation •

كانت هناك فكرة تقول إنه لو أمكننا معرفة المدة الزمنية التي استغرقتها ترسيب كل طبقات الصخور في القشرة الأرضية، لأمكننا معرفة عمر الأرض. وتجري هذه الطريقة بقياس سمك الطبقات وضرب هذه الأرقام في المعدل المفترض أنها ترسب به. وتشير التقديرات الناتجة عن تطبيق هذه الطريقة إلى أن عمر الأرض يترواح بين مئة مليون وستمئة مليون سنة؛ لكنه نظراً للتباين الهائل في معدلات الترسيب والتحات، فقد ثبت أن هذه الطريقة ليست لها قيمة علمية.

• الطرق الإشعاعية Radioactive Methods •

هذه أحدث الطرق وأكثرها دقة. فهناك عناصر مشعة معينة، وبالأخص اليورانيوم uranium يحدث له تحطُّم تلقائي spontaneous disintegration بمعدل ثابت لا يتأثر بالتغير في درجات الحرارة أو الضغط أو أية عوامل طبيعية أخرى. وينطلق الهليوم Helium عند تحطُّم المعدن وتكون سلسلة عناصر جديدة، تنتهي بتكوين عنصر الرصاص وهو آخر عنصر يتكون في هذه السلسلة. وبحساب النسبة بين كمية الرصاص والكمية المتبقية من اليورانيوم في الصخر، يمكن لنا أن نعين عمر المعدن المشع المحتوي على اليورانيوم في الصخر.

وتقتصر هذه الطريقة بالطبع على الصخور التي تحتوى على معادن مشعة. وهناك طرق أخرى شبيهة، تعتمد على معدل اضمحلال decay عنصر الروبيديوم Rubidium وتحوله إلى الاسترونشيوم Strontium وضمحلالات

البوتاسيوم Potassium وتحوله إلى أرجون Argon. وتعطى هذه الطرق نتائج دقيقة تقريبا. وقد أظهرت هذه الطرق لتقدير عمر الأرض أن عمرها ٤٥٠٠ مليون سنة تقريبا.

طريقة الكربون-١٤ The Carbon- 14 Method

تعد هذه الطريقة من الطرائق الناجحة لتأريخ الأجسام التى يقل عمرها عن ٤٠ ألف سنة. وباختصار، فإن هذه الطريقة تعتمد على حقيقة أن كل الكائنات الحية تحتوى على نسبة ثابتة من الكربون - ١٤، وهو صورة مشعة من الكربون الذى وزنه الذرى ١٤ بدلا من الكربون ذى الوزن الذرى المعتاد وهو ١٢. وعندما يموت الكائن الحى، يفقد الكربون - ١٤ نتيجة للاضمحلال الإشعاعى الذى يتقدم بمعدل معلوم. وهذا المعدل معناه أن نصف كمية الكربون - ١٤ تتحطم وتضمحل بعد مرور ٥,٥٦٨ سنة. ومن الممكن تعيين العمر التقريبى لعينة ما بمقارنة كمية الكربون - ١٤ المتبقية بها بكمية الكربون - ١٤ الموجودة فى معظم الكائنات الحية. وتعد هذه الطريقة ناجحة جدا فى تأريخ المواد الجيولوجية والآثرية.

الفصل الخامس عشر

سجل الصخور

THE RECORD OF THE ROCKS

كيف يعرف المؤرخ الجيولوجى ماذا حدث لكوكبه من ملايين السنين أو ربما منذ آلاف الملايين من السنين التى مضت ؟ إنه يتعلم ذلك من دراسته لسجل الصخور، وهذا السجل يدل على أن الأرض وسكانها قد تعرضوا لتغيرات كثيرة خلال الحياة الطويلة الممتدة لكوكب الأرض. ومن أى شىء يتكون هذا السجل ؟ وما هى الطرق المستخدمة فى تفسير هذا السجل ؟ هذه هى بعض الأسئلة التى ستناولها بالدرس فى هذا الفصل .

١- مفاتيح للماضى Keys to the Past

نعتقد الآن أن عمر الأرض يقدر بحوالى ٤٥٠٠ مليون سنة على الأقل . وهناك أدلة تشير إلى أن الحياة قد وجدت على كوكب الأرض لمدة تقرب من ثلاثة آلاف مليون سنة . وبالإضافة إلى ذلك فهناك أدلة كثيرة تؤيد أن الملامح الفيزيكية للأرض لم تكن دائما مشابهة للامحها الحالية، ومثال ذلك، الجبال الحالية التى تحتل أماكن بحار قديمة، والفحم الذى يستخرج من مناجم كانت فى الماضى ومنذ ملايين السنين مستنقعات . كذلك تعرضت النباتات والحيوانات لتغيرات هائلة. وهذا الاتجاه فى التغير العضوى - بصفة عامة - يتجه نحو أشكال متقدمة من الحياة وأكثر تعقيدا، ومع ذلك فهناك أشكال للحياة ظلت كما هى بدون تغير، بينما انقرضت أشكال أخرى .

ولتفسير تاريخ الأرض وتوضيحه، يجب على الجيولوجى أن يدرس الصخور ويجمع الأدلة التى تدل على التغيرات الكبيرة فى الجغرافيا والمناخ

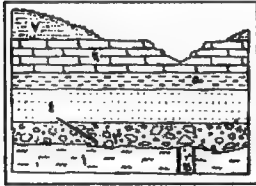
والحياة، التى حدثت فى الماضى الجيولوجى. وللقيام بهذا العمل، استحدثت طرائق عديدة متطورة أو مبادئ تفيد كمفاتيح للأحداث المهمة لأزمة ما قبل التاريخ.

• مبدأ التوتيرة الواحدة the Doctrine of Uniformitarianism

ينص هذا المبدأ الجيولوجى المهم على أن العمليات الجيولوجية التى حدثت فى الماضى تمت بالطريقة نفسها وبالمعدل نفسه الذى تحدث به العمليات الجيولوجية الحالية؛ وبعبارة أخرى «الحاضر هو مفتاح الماضى». وهذا يعنى فى الحقيقة أن ملامح الأرض الحالية قد تكونت نتيجة للعمليات الحالية التى تؤثر فى الأرض لمدة طويلة من الزمن.

• قانون تعاقب الطبقات Law of Superposition

فى أى تتابع غير مضطرب من الصخور الرسوبية، تكون الصخور الموجودة فى أسفل هذا التتابع أقدم من الصخور التى توجد أعلاها (شكل ١٠٨) هذا المبدأ الجيولوجى الهام الذى يسمى قانون تعاقب الطبقات، يعد أساسا لفهم التاريخ الجيولوجى. وإذا كانت الصخور قد حدث لها اضطراب فى الترتيب disturbance، فيكون من الضروري إذن أن نحدد الأسطح العليا والسفلى للطبقات ليتسنى لنا ترتيبها حسب تتابعها الأصيل.



شكل (١٠٨)

قطاع جيولوجى يوضح قانون تعاقب الطبقات
الطبقة رقم (١) صخور متحول حدثت لها عملية تحات
وهى أقدم الطبقات؛ يفصلها عن الطبقة رقم (٢) لا توافق
(الأسهم) وتتابع الطبقات حتى الطبقة رقم (٧) وهى أحدث
الطبقات.

• العمر النسبى للصخور النارية Relative Age of Igneous Rocks

الصخور النابطة extrusive rocks، مثل الطفوح البركانية lava flow لا شك فى أنها أحدث من الصخور التى تستقر فوقها، أما الصخور المتدخلة

intrusive rocks مثل الجدد القاطعة dykes، والسدود sills، وكتل الباثوليث batholiths فهي أحدث من 'الصخور التي تدخل أو تحقّر injected في داخلها'. وعلى هذا الأساس فإن الجدة القاطعة المرقمة «٢» في شكل ١٠٨ أحدث من الطبقة رقم «١»، لكنها أقدم من الطبقة رقم «٣».

• قانون التتابع الفوني Law of Faunal Succession

ينص هذا القانون على أن الفونات الحفرية fossil faunas (مجموعات الحيوانات التي عاشت معا في الزمن الجيولوجي نفسه والمكان نفسه) يتبع بعضها البعض في نظام محدد ومعين. هذه الفونات مميزة لكل جزء من تاريخ الأرض. وبمقارنتها بعضها ببعض يستطيع الجيولوجي أن يتعرف على الرواسب التي لها العمر الجيولوجي نفسه. مثل هذا التتابع يعنى أن الصخور الأقدم يُتوقع أن نجد فيها بقايا الكائنات الأكثر بدائية، بينما البقايا التي تدل على حياة أكثر تطورا وتقدما، توجد عادة في الصخور الأحدث.

• المضاهاة Correlation

المضاهاة هي عملية لتحديد الأعمار النسبية لصخور منكشفة في مناطق مختلفة (أو من عينات لصخور من آبار مختلفة). وهي من الطرائق المهمة التي يستخدمها الجيولوجي. وتعد المضاهاة من التقنيات المفيدة، نظرا لأننا لا نجد في منطقة واحدة قطاعا صخريا يشتمل على السجل الكامل لكل الزمن الجيولوجي. لكنه نظرا لأن عملية الترسيب كانت دائما مستمرة في مكان ما أو آخر، يصبح في مقدورنا أن نضاهي مكاشف متشرة في أماكن كثيرة ونجمّع منها سجلا مركبا composite record للزمن الجيولوجي كله.

وبالرغم من وجود طرائق متعددة للمضاهاة، إلا أن أكثر هذه الطرائق استخداما وشيوعا هي:

أ - استمرارية المكاشف Continuity of Outcrops

الطبقات الصخرية المستمرة والتي يمكن تتبعها دون أن يلاحظ فيها انقطاع، هي الأسهل في عملية المضاهاة. وهذه الطريقة ذات استعمال محدد في المناطق الصغيرة نسبيا.

ب- التشابه الليثولوجى Lithologic Similarity

تكون بعض التكاوين متسقة فى صفاتها الصخرية، وقد يُستخدم هذا التجانس أو الاتساق فى تتبع التكوين من مكان لآخر وتستخدم هذه الطريقة بحذر، إذ إن بعض الوحدات الصخرية قد تعترىها بعض التغيرات فى النسيج الصخرى أو التركيب من مكشّف لآخر. وعلى التقيض من ذلك، فإن بعض التكاوين قد تتميز بوجود بعض الصفات المميزة مثل غمط من التجوية غير عادى، أو تشكيلة مميزة من المعادن أو وجود درنات صخرية غريبة.

ج- تشابه التسابع Similarity of Sequence

يقوم الجيولوجى بعملية المضاهاة غالبا، بمقارنة الأوضاع التى تظهر فيها طبقات معينة فى قطاعات رأسية بينها مسافات كبيرة. مثال ذلك، لو كان هناك حجر رملى أحمر ومعروف أنه يوجد عادة بين صخر كونجولوميرات غليظ التحبيب جدا وطفلة سوداء، هذا التسابع يكون التعرف عليه سهلا ويمكن تمييزه بوضوح فى الحقل. ويمكن استخدام ظواهر عدم التوافق unconformity إن وجدت - بطريقة مماثلة (انظر فيما بعد).

د- تشابه الحفريات Similarity of Fossils

إذا كانت الصخور تحتوى على حفريات، فإنها تكون بالغة الأهمية فى أغراض المضاهاة. والحفريات التى لها مدى رأسى محدود لكن لها انتشارا جغرافيا واسعا تكون مفيدة بشكل خاص.

وتسمى حفريات مرشدة guide fossils، أو حفريات دليلية index fossils وفى نهاية هذا الفصل توجد مناقشة عن عملية المضاهاة باستخدام الحفريات.

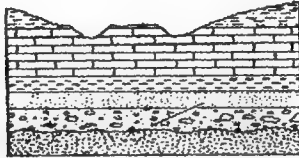
•الاتوافق Unconformities

توجد فى أماكن كثيرة من السجل الجيولوجى أدلة على عمليات رفع للقشرة الأرضية، تكون متبوعة بفترات طويلة من عمليات التحات أو عدم الترسيب، مثل

هذا الانقطاع أو الفجوة فى السجل الجيولوجى تسمى لاتوافق. ويميز الجيولوجيون ثلاثة أنواع من اللاتوافق هى:

• اللاتوافق التفاضلى Nonconformity

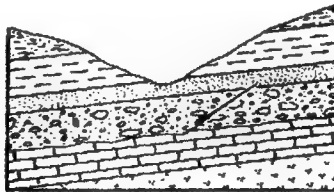
يتكون هذا النوع من اللاتوافق عندما تقع صخور رسوبية متطبقة فوق سطح تحت لصخور نارية (شكل ١٠٩).



شكل (١٠٩)
لاتوافق تفاضلى

• اللاتوافق الانقطاعى Disconformity

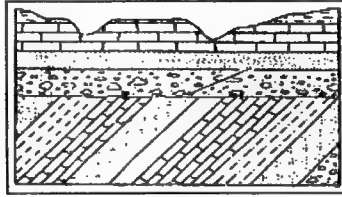
فى هذا النوع من اللاتوافق، تكون الصخور التى فوق وتحت سطح اللاتوافق متوازية (شكل ١١٠).



شكل (١١٠)
عدم توافق انقطاعى

• لاتوافق زواى Angular Unconformity

فى هذا النوع من اللاتوافق، وهو أكثر أنواع اللاتوافق وضوحا، تكون الطبقات التى فوق سطح اللاتوافق غير موازية للطبقات التى تحته (شكل ١١١).



شكل (١١١)
عدم توافق زواى

ويدل هذا النوع من اللاتوافق على أن نسق الطبقات الذى يقع تحت سطح اللاتوافق قد سالت طبقاته أو طويت قبل أن تتعرض للتحاات والترسيب اللاحق للطبقات التى فوقها.

• الجغرافيا القديمة Paleogeography

يحتص هذا الفرع من الجيولوجيا التاريخية بتوزيع البحار القديمة واليابسة القديمة، وعلاقات كل منهما بالآخرى. ويمكن استنباط الجغرافيا القديمة من خلال دراسة الصخور الرسوبية لعمر معين وتأويلها. وإذا كانت هذه الصخور تحتوى على حفريات مرشدة فإن ذلك يفيد كثيرا فى استنباط الظروف الجغرافية القديمة. مثال ذلك: لو كانت هناك منطقة معينة توجد فيها صخور رسوبية تحتوى على حفريات بحرية عمرها من الدور الطباشيرى المتأخر Late Cretaceous فهذا يدل على أن هذه المنطقة كانت مغمورة بالبحر فى نهاية الدور الطباشيرى. وتوضح الخريطة الموجودة فى (شكل ١١٢) الملامح الجغرافية القديمة بعد أن أمكن إعادة تجميعها من الدراسات الجيولوجية.



شكل (١١٢)
خريطة باليوجغرافية توضح
امتداد البحر (المنطقة) والبحار
خلال الدور الكمبري

٢- الحفريات: سجل الحياة على الأرض

Fossils : The Record of Life on Earth

الباليولوجيا (علم الحفريات) هو علم يختص بدراسة بقايا النباتات وبقايا الحيوانات، وقد قدم لنا معلومات كثيرة للتعرف على حياة ما قبل التاريخ prehistoric life. ونظرا لأن علم الحفريات يختص بسجل الحياة فهو يرتبط ارتباطا وثيقا بالبيولوجيا biology (علم الحياة).

ويعتمد الباليولوجي paleontologist في دراسته للحفريات على مذهب الوتيرة الواحدة (الاطرادية) uniformitarianism، الذي ينص على أن الحاضر هو مفتاح الماضي. ونظرا للعمى الهائل للزمن الجيولوجي، فإننا لسنا دائما متأكدين من الظروف البيئية للنباتات والحيوانات التي انقرضت. ومع ذلك فإننا حين نكتشف مجموعة من الحفريات تتشابه أفرادها تماما مع أفراد مجموعة لا تزال

موجودة للآن، فلا بأس من أن نستتج أن الكائنات الحية التى تمثلها المجموعة الحفرية، كانت تعيش فى ظروف مشابهة لتلك التى تعيش فيها المجموعة الحالية.

٣- أقسام علم الحفريات Divisions of paleontology

تمثل الحفريات بقايا مجموعات متنوعة من الكائنات الحية، ولهذا يقسم علم الحفريات إلى أربعة أقسام أساسية هى:

• علم أقباب القلبيم Paleobotany

يختص بدراسة النباتات المتحجرة وكذلك التغيرات التى طرأت عليها.

• علم الحفريات اللافقارية Invertebrate Paleontology

يختص بدراسة الحفريات التى ليس لها عمود فقري، وتشمل حفريات هذا القسم على الحيوانات الأولية protozoa (حيوانات دقيقة وحيدة الخلية one-celled) والتريلوبيتات trilobites، وقنافذ البحر echinoids، والرخويات molluscs، والمرجانيات brachiopods وهى تمثل بقايا الحيوانات التى عاشت فى بحار ما قبل التاريخ.

• علم الحفريات الفقارية Vertebrate Paleontology

يختص بدراسة الحيوانات القديمة التى لها عمود فقري spinal column وتشمل بقايا الأسماك fish والبرمائيات amphibians والزواحف reptiles والطيور birds والثدييات mammals.

• علم الحفريات الدقيقة Micropaleontology

يختص بدراسة الحفريات الصغيرة جدا والتى تفحص تحت الميكروسكوب، وتسمى هذه البقايا الصغيرة «الحفريات الدقيقة microfossils». وتوجد فى العادة فى صورة أصداف shells أو أجزاء من نباتات دقيقة minute plants أو حيوانات دقيقة جدا. وتعد الحفريات الدقيقة ذات قيمة خاصة عند جيولوجى البترول petroleum geologist الذى يستخدمها فى التعرف على التكوين الصخرية التى توجد تحت سطح الأرض وعلى مسافات تقدر بألاف الأقدام.

٤- كيف تكونت الحفريات؟ How Fossils Are Formed

لاحظ هيرودوت Herodotus عام ٤٥٠ قبل الميلاد، وجود حفريات بحرية فى الصحراء المصرية، واستنتج، وكان على حق، أن البحر الأبيض المتوسط كان تمتد إلى تلك المنطقة فى زمان ما. وخلال عصور الظلام Dark Ages، اعتبرت الحفريات ضربا من المسخ الطبيعية freaks of nature أو منتجات شيطانية devices of devils وضعت فى الصخور لتضليل الإنسان وإيقاعه فى الحيرة. هذه الاعتقادات الخاطئة ظلت سائدة وأعاقت تطور علم الحفريات لقرون عديدة، ولكن خلال المئة عام الأخيرة، تقبل العلماء بلا جدال حقيقة أن الحفريات هى بقايا حياة قديمة، وزادت أهميتها بصورة متزايدة بالنسبة للجيولوجيين. وتوجد غالبية الحفريات فى الصخور الرسوبية البحرية، التى تكونت حينما كانت رواسب البحار الملحة مثل الجير lime، والطين mud والرمل sand أو طبقات من الأصداف shell beds قد تضاعفت والتحمت مكوناتها بعضها مع بعض لتكون صخورا rocks. ونادرا جدا ما توجد الحفريات fossils فى صخور نارية أو متحولة.

وحتى فى الصخور الرسوبية، فإن جزءا بسيطا من نباتات ما قبل التاريخ وحيواناته قد تركت سجلات قليلة كدليل على وجودها. وليس هذا صعبا على الفهم إذا كنا ندرك المستلزمات الصعبة اللازمة لحدوث عملية التحفر.

• متطلبات التحفر Requirements of Fossilization

توجد عوامل كثيرة تحدد فى نهاية الأمر إمكان تحفر كائن حى من عدمه، لكنه توجد ثلاثة متطلبات أساسية لكى تتم عملية التحفر وهى:

أ - لا بد أن يكون للكائن الحى أجزاء صلبة؛ قد تكون صدفة shell أو أسنان teeth أو عظاما bones أو حتى النسيج الخشبي للنباتات woody tissue. ومع ذلك فقد تتحفر كائنات حية رقيقة ضعيفة مثل السمك الهلامى (قنديل البحر) jellyfish أو حتى الحشرات insects، وذلك حين تتوافر الظروف المواتية لحفظها.

ب - لا بد أن تنجو بقايا الكائن الحى بعد موته من عوامل التدمير، فإذا تعرض جسم الكائن إلى السحق بعد موته أو إلى التحلل، أو تأثر

بعمليات التجوية أو غيرها من العوامل، فإنه يتحطم كلية ولا يتبقى منه شيئا ليستحفر مما يؤدي إلى عدم حفظ هذا الكائن الحى كحفرة، ومن ثم غيابه من السجل الجيولوجى.

ج - لا بد أن يدفن الكائن الحى بعد موته بسرعة فى مواد لها القدرة على تأخير عملية التحلل. ويتوقف نوع هذه المواد التى يدفن فيها الكائن الحى، على المكان الذى يدفن فيه. ومن أكثر الحفريات شيوعا هى بقايا الكائنات البحرية، حيث إنها تتراكم على قاع المحيط بعد موتها ثم تغطى بالطين الدقيق التحبب الذى يتصلب طفلةً وأحجارا جيرية فى العصور الجيولوجية التى تلت ذلك. ويلاحظ أن فرصة الحفظ تكون أفضل إذا دفن الكائن بعد موته فى رواسب دقيقة التحبب. وهناك أنواع معينة من الأحجار الجيرية الدقيقة التحبب من الدور الجوراسى فى ألمانيا، وجدت فيها حفريات حفظت حفظا جيدا، بالرغم من أنها كانت عينات رقيقة من بقايا الطيور والحشرات والأسماك الهلامية (قناديل البحر).

ويغطى الرمال المتساقط من البراكين، غابات بأكملها تكون قريبة من هذه البراكين (كما يلاحظ ذلك فى مدينة بومبى Pompeii فى إيطاليا). وقد وجدت الغابات المتحجرة (المتحفرة) على هيئة أشجار قائمة وعلى درجة ممتازة من الحفظ، ومن الأمثلة الشهيرة على الأشجار المتحفرة ما يمكن مشاهدته فى المتزه القومى فى «يلوستون» Yellowstone National Park فى الولايات المتحدة الأمريكية.

وتوجد الغابات المتحفرة فى بريطانيا فى دورست Dorset وفى جلامسو فى أسكتلندا. ومعظم الأشجار المتحفرة وبخاصة تلك الموجودة فى خلجان سوانسى bays of Swansea قد حفظت بطريقة التحجر Petrification، وسوف يأتى وصف هذه العملية فيما بعد. كذلك فإن الرمال المتحركة quicksand والقار tar، يعدان من عوامل الدفن السريع للكائنات المتحفرة. ويعمل القار كمصيدة للإسماك بالحيوان، كذلك يعمل كمانع للتحلل antiseptic فيؤخر عملية تحلل الأجزاء الصلبة للحيوان.

ومن أشهر أنواع بحيرات القار التي عثر فيها على أعداد هائلة من عظام حيوانات ما قبل التاريخ، تلك الموجودة في لوس أنجلوس Los Angeles بكاليفورنيا California، والتي تسمى بانكولا بريا Bancho La Brea. وتشمل العظام المستخرجة من القار، النمر المسيف الأسنان sabre-toothed tiger، وحيوان الكسلان الأرضي العملاق giant ground sloths، وحيوانات أخرى مقرضة. وبالنسبة لبقايا الحيوانات التي كانت تعيش أثناء العصور الجليدية Ice Ages، فقد حفظت في الجليد أو الأديم المتجمد frozen ground؛ وبعض من هذه الحيوانات وبخاصة الماموث mammoth الذي حفظ بأكمله، لا تزال سليمة وكاملة بدرجة ملحوظة حتى الآن.

٥- ثغرات في السجل العفري Gaps in the Fossil Record

بالرغم من العدد الذى لا يحصى من الكائنات التى عاشت على كوكب الأرض فى عصوره الماضى، إلا أن جزءا بسيطا فقط هو الذى ترك وراءه أى سجل يدل على وجوده. وبالرغم من توافر المتطلبات الأساسية لحدوث عملية التحفر، إلا أن هناك أسبابا أخرى تمنع تحفر بعض الكائنات؛ فعلى سبيل المثال، تؤدى عملية التحات إلى تخطيم عدد كبير من الحفريات، أو أن تكون المياه الجوفية قد أثرت على الأجزاء الصلبة للحيوان فأذابتها. وهناك كائنات دفنت فى صخور تعرضت فيما بعد لتغيرات فيزيقية كبرى، والحفريات التى يعثر عليها فى هذا النوع من الصخور تكون مهشمة بصورة يستحيل تعرفها. كذلك هناك الكثير من الصخور الحاوية على الحفريات لا يمكن دراستها، إذا إنها قد تكون مغطاة بالماء أو بطبقات سميكة من الصخور الرسوبية. وهناك صخور بها حفريات توجد فى أماكن لا ييسر الوصول إليها لوعورة المكان الشديدة أو لظروف جغرافية أخرى. هذه المشاكل وغيرها تواجه الجيولوجى عند محاولته وصف بقايا نباتات أو حيوانات كانت تعيش فى الماضى.

تزداد ثغرات السجل الحفرى عددا وتصبح أكثر وضوحا فى الصخور الأقدم للقشرة الأرضية. ويفسر ذلك بأنه كلما كانت الصخور أقدم، كانت هناك فرص أكبر لتعرضها للتغيرات الفيزيقية والكيميائية أو لزلزالتها تماما نتيجة لعمليات التحات.

Different Kinds of Fossil Remains

تقسم الحفريات إلى أربعة أقسام على أساس تركيب البقايا أو التغيرات التي تعرضت لها منذ دفنها .

• الأجزاء الرخوة الأصلية للكائن الحي Original Soft Parts of Organisms

لكي يحفظ الجزء الرخو للكائن الحي، فلا بد أن يدفن في وسط يساعد على تأخير عملية التحلل . وفي هذا النوع من التحفر يكون الوسط المناسب هو التربة المتجمدة frozen soil أو الجليد أو التربة المشبعة بالنفط وكذلك الكهرمان amber (وهو راتينج متحفر fossil resin). ومن الممكن أن تحفظ البقايا بعملية التجفيف desiccation حيث تؤدي هذه العملية إلى تحول الكائن إلى مومياء طبيعية natural Mummy، وتحدث هذه العملية عادة في المناطق القاحلة والصحراوية أو في الأماكن التي تنجو فيها البقايا من الحيوانات المفترسة أو الحيوانات القمامة .

ومن أحسن الأمثلة للأجزاء الرخوة التي حفظت لحوانات منذ أرمته ما قبل التاريخ، تلك التي اكتشفت في ألاسكا Alaska وسيبيريا Siberia. فقد وجدت بقايا أعداد كثيرة من الماموث mammoth حفظت كاملة في صحراء التندرا tundra القطبية . ويعد الماموث من الحيوانات المنقرضة التي تشبه الأفيال. وقد دفنت أجسام هذه الحيوانات العملاقة لمدة زمنية تزيد على ٢٥ ألف سنة، واكتشفت عندما بدأت الأرض المتجمدة في الانصهار. وقد حفظت بعض هذه الجثث العملاقة بشكل جيد جدا لدرجة أن لحمها مازال طريا صالحا للأكل، وقد بيعت أنيابها لتجار العاج ivory traders. واكتشفت الأجزاء الرخوة المتحجرة في التربة المشبعة بالنفط في شرق بولندا Poland، حيث عثر على قرن الأنف nose - horn والقدم الامامية foreleg وأجزاء من الجلد لحيوان وحيد القرن rhinoceros المنقرض في هذه الرواسب. وقد عثر على المومياء الطبيعية لحيوان الكسلان الأرضي ground sloth في المغارات والفوهات البركانية في نيومكسيكو وأريزونا، حيث ساعدت

الظروف المناخية القاحلة جدا على جفاف dehydration الأجزاء الرخوة قبل أن تبدأ فى التحلل، وقد عثر على عينات من أجزاء الجلد الأصيلى والشعر والأسنان والمخالب.

وهناك نوع شائع من التحفر، وهو الحفظ فى الكهرمان amber، وقد حدث هذا النوع من الحفظ حينما اصطيدت الحشرات القديمة فى الصمغ اللزج الذى كانت تفرزه أشجار صنوبرية معينة. وبمرور الزمن تصلب هذا الصمغ تاركا الحشرة محبوسة فى مقبرة من الكهرمان. وبعض من هذه الحشرات والعناكب محفوظة حفظا جيدا لدرجة أن شعر الحشرة والنسيج العضلى يمكن فحصه تحت الميكروسكوب. وبالرغم من أن حفظ الجزء الرخو للكائن الحى قد خلّف بعض الحفريات المهمة والمبهرة، ألا أن هذا النوع نادر نسبيا، ويرى الجيولوجيون أنه لامحيص من دراسة البقايا التى حفظت فى الصخور .

الأجزاء الصلبة الأصلية للكائنات الحية Original Hard Parts of Organisms

معظم النباتات والحيوانات لها الأجزاء الصلبة التى يمكن أن تتحفر. وقد تكون هذه الأجزاء الصلبة مواد صدف محارة، أوستر oyster، أو قوقعة snail، أو أسنان أو عظام حيوانات فقارية، أو الهيكل الخارجى exoskeleton لسرطان البحر crab أو النسيج الخشبي للنباتات.

وتتكون هذه الأجزاء الصلبة من مواد مختلفة لها القدرة على مقاومة التجوية والتأثيرات الكيميائية. وهذا النوع من الحفريات هو أكثر الحفريات شيوعا نسبيا.

البقايا الجيرية Calcareous Remains

يشيع وجود الأجزاء الصلبة المكونة من الكالسيت (كربونات الكالسيوم) فى اللاقاريات، مثل المحارات clams والقواقع snails والمرجين corals، وقد حفظ الكثير من هذه الأصداف دون أن يطرأ عليها أى تغيير فيزيقى، (انظر شكل ١١٣).



شكل (١١٣)

صدفة حفريّة مكونة من كربونات الكالسيوم

البقايا الفوسفاتية Phosphatic Remains

تحتوى عظام وأسنان الفقاريات وكذلك الهيكل الخارجى لكثير من اللافقاريات على كمية كبيرة من فوسفات الكالسيوم . وتتميز هذه المادة بأنها مقاومة للتجوية، ولهذا فإن البقايا الفوسفاتية توجد فى حالة ممتازة من الحفظ .

البقايا السليسية Siliceous Remains

يوجد الكثير من الكائنات الحية التى تتكون عناصرهاكلها من السليكا (ثانى أكسيد السليكون) وقد حفظت دون أن تطرأ عليها أية تغييرات ملحوظة . وقد تحفرت بهذه الطريقة الأجزاء الصلبة لكثير من الكائنات الحية الدقيقة (المجهرية) وبعض أنواع الإسفنج sponge .

البقايا الكيتينية Chitinous Remains

تتكون الصدفة الخارجية لبعض الحيوانات من الكيتين؛ وهى مادة تشبه فى تركيبها أظافر الأصابع . وتحفظ الهياكل الخارجية exoskeletons الكيتينية المتحجرة للمفصليات arthropods على هيئة غشاء film من الكربون بسبب تركيبها الكيميائى وطريقة دفنها .

• الأجزاء الصلبة المتغيرة للكائنات الحية Altered Hard Parts of Organisms

تعرض الأجزاء الصلبة الأصلية للكائن الحى إلى تغيرات كبيرة بعد دفنها. وتتم هذه التغيرات بطرق كثيرة، غير أن التركيب الكيميائى للجزء الصلب هو الذى يحدد طريقة التغير وكذلك المكان الذى يعيش الحيوان فيه - وفيما يلى وصف لأكثر العمليات شيوعا فى حدوث عملية تغير الأجزاء الصلبة الأصلية للكائن الحى بعد دفنه:

• التكرين (الفحم) Carbonization

تسمى هذه العملية أيضا بعملية التقطير distillation، وتحدث عندما تتحلل المواد العضوية ببطء بعد دفنها. وأثناء عملية تحليلها، تفقد المادة العضوية الغازات والسوائل بالتدرج، وتترك غشاء رقيقا فقط يشترك من مادة كربونية. ويتكون الفحم بمثل هذه الطريقة، كذلك فإن الحفريات النباتية المتكرنة carbonized plant fossils يشيع وجودها فى رواسب الفحم. بالإضافة إلى ذلك، هناك نوع غير عاى من طرق حفظ الأسماك والجرايتوليتات والزواحف تم نتيجة لعملية التكرين.

• التجمد Petrification or Permineralization

تكونت أعداد كبيرة من الحفريات نتيجة لعملية التجمد (المعنى الحرفى لكلمة تجمد هو التحول إلى حجر) - ويتم هذا النوع من الحفظ حينما ترشح المياه الجوفية الحاملة للمعادن فى مسام العظام والأصداف أو المواد النباتية، وترسب المياه الجوفية محتواها المعدنى فى مسام الأجزاء الصلبة، وبالتالي تجعل هذه الأجزاء الصلبة أكثر كثافة وأكثر مقاومة للتجوية. ومن أكثر المعادن التى ترسب بهذه الطريقة الكالسيت والسليكا ومركبات حديدية عديدة.

• الإحلال أو التمعدن Replacement or Mineralization

يحدث هذا النوع من الحفظ عندما تذيب المياه الجوفية الأجزاء الصلبة الأصلية للكائن الحى وتكسحها معها، ويصحب تلك العملية ترسيب متزامن لمواد أخرى فى الفراغات الناتجة. وقد تؤدى عملية الإحلال المعدنى إلى تهشم البنية

الأصلية للحفريات التى حدثت لها عملية الإحلال . وقد تتم عملية الحفظ لكل التفاصيل الدقيقة للبنية الأصلية كما هو الحال فى جنود بعض الأشجار التى حدثت لها عملية سيلكة silicification

وبالرغم من وجود أكثر من ٥٠ معدنا سجلت كمعادن لها القدرة على الإحلال فى البنية العضوية الأصلية، إلا أن أكثر هذه المعادن شيوعا هى الكالسيوم والدولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنسيوم) والسليكا ومركبات معينة للحديد .

• آثار الكائنات الحية Traces of Life Organisms

لا تتكون الحفريات من البقايا الفعلية للكائنات أو الحيوانات فحسب، بل قد تكون آثارا أو أدلة تدل على سابق وجودها . وبالرغم من أن هذه الآثار لا تُظهر دليلا مباشرا على وجود الكائن الأصلية، إلا أن هناك أحيانا الأدلة على وجود نباتات أو حيوانات قديمة فى الماضى . مثل هذا النوع من الحفريات قد يعطى معلومات تفيد فى التعرف على صفات الحيوان الذى ترك هذا الأثر الحفرى .

• القالب والصبّة Mould and Cast

يوجد الكثير من العظام والأصداف، وأوراق الأشجار، وأشكال أخرى من المواد العضوية كحفريات محفوظة على هيئة قوالب moulds أو صبّات casts، فإذا ضغطت الحفرة فى قاع المحيط قبل أن تتصلب رواسب القاع إلى صخر، فقد ترك الحفرية طابعا للجانب الخارجى من الصدفة ويعرف هذا باسم القالب mould . وإذا ملئ هذا القالب فى مرحلة تالية بمادة أخرى، نتج عن ذلك ما يسمى صبّة cast . والصبّة المتكونة بهذه الطريقة سوف تظهر الملامح الخارجية الأصلية للصدفة، وتسمى هذه الأشياء باسم القوالب الخارجية external moulds إذا كانت تظهر الملامح الخارجية للجزء الصلب، وتسمى قوالب داخلية internal moulds إذا كانت تبدى طبيعة الجزء الداخلى . وتتكون القوالب والصبّات فى معظم الصخور التى تحتوى على حفريات . ويمثل هذه الطريقة تحفظ القواقع والأسماك الصدفية حتى ولو كانت أصدافها مكونة من معادن سهلة الذوبان نسيجا، وغالبا ما تتحطم وتتلاشى مادة الصدفة الأصلية فى هذا النوع من طرق الحفظ .

الأثر وأثر الجحر والجحر Tracks, Trails and Burrows

يترك كثير من الحيوانات سجلا يدل على حركتها فوق أرض جافة أو على قاع البحر، مثل آثار الأقدام (شكل ١١٤) التي تدل على نوع الحيوان الذي ترك هذا الأثر، وكذلك تعطى معلومات قيمة عن بيئة الحيوان. وعلى هذا الأساس فإن دراسة سلاسل الآثار التي تركها قدم دينصور ما dinosaur تعطى فكرة عن حجم وشكل قدم الدينصور وكذلك تدل على حجم الحيوان وطوله. وبالإضافة إلى ذلك فإن نوع الصخر الذي يوجد فيه هذا الأثر قد يساعد على تحديد الظروف التي عاش فيها الحيوان.



شكل (١١٤)

آثار حفرة للنواحف حفظت في الصخر

وقد ظهرت آثار لسته أقدام على شاطئ قطعه الأمواج إلى الجنوب من فيلي Filey في يوركشير وكانت مساحة أثر القدم الواحدة حوالي ١٥ بوصة مربعة ويتكون الأثر من طبعات ثلاثة حوافر toes، وكذلك أثر عقب القدم stump "heel". ومن الصعب العثور على مثل هذه الآثار، ولكن توجد قوالب واثار أقدام شبيهة معروضة في متحف سكار بورو Scarborough.

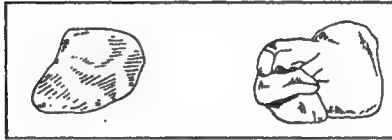
واللافقاريات أيضا ترك آثارا تدل على أنشطتها. ويظهر ذلك على أسطح الأحجار الرملية وطبقات الحجر الجيري. وقد تكون هذه آثارا بسيطة يخلفها الحيوان عندما يتحرك على هذه الأسطح وأمثلتها جحور السرطانات البحرية burrows of crabs والحيوانات الحفارة الأخرى. وتدل مثل هذه الآثار المحفوظة على سلوك الحيوانات التي تركتها، وعلى نوع البيئة التي كانت تعيش فيها .

• النجول المتحجرة Coprolites

هذه الأجسام هي الإخراجات المتحجرة (شكل ١١٥) وهي حفريات تعطي معلومات قيمة عن طبيعة غذاء الحيوان وصفاته التشريحية التي صنعت هذه المخلفات.

• متحجرات معدية Gastroliths

هذه أحجار تامة الاستدارة ومصقولة إلى حد كبير (شكل ١١٦). ويعتقد أنها كانت تستخدم في معدّات الزواحف لجرش الغذاء إلى قطع صغيرة، وقد وجدت أعداد كبيرة من «أحجار المعدة stomach stones» هذه مع بقايا أنواع معينة من الدينوصورات وبعض الزواحف المنقرضة.



شكل (١١٦)

حجر معدى

شكل (١١٥)

نجول متحجر

٧- تصنيف الحفريات Classification of Fossils

توجد أعداد هائلة من الكائنات، سواء أكانت تعيش حتى الآن أم انقرضت، ولهذا فإن الحاجة ملحة لوضع نظام تصنيفي لهذه الكائنات وربطها جميعا بعضها ببعض. وفي حالات كثيرة توجد حفريات تحمل صفات واضحة تتشابه فيها مع النباتات والحيوانات الحالية، ولهذا السبب نجد التصنيف الباليولوجي يشبه إلى حد كبير تصنيف الكائنات الحية الحديثة. ويعرف هذا النظام باسم «التسمية الثنائية binomial nomenclature» الذي وضعه العالم السويدي كارل لينباس Carl Linnaeus عام ١٧٥٨ وطبقا لنظام التسمية الثنائية، تتكون الأسماء العلمية من

جزئين: اسم الجنس *Genus* واسم النوع *Species*. وفي العادة يشتق هذان الاسمان من كلمتين يونانيتين أو لاتينيتين لوصف الكائن أو الحفرة المسماة، مثل *Didymograptus extensus* وقد تشتق الأسماء من أسماء أشخاص أو أماكن، وفي هذه الحالات تكتب الأسماء «ملتنة latinized» مثل *Didymograptus murchisoni*. وتستخدم اللغة اللاتينية أو اليونانية لأنهما أولا من اللغات الميتة *dead languages*، وثانيا لأنهما غير عرضة للتغيير، لكن الأكثر أهمية، لأنهما لغتان عالميتان، حيث يعترف بهما العلماء في كل أنحاء العالم. وقد أدى نظام التسمية الثنائية إلى ظهور علم التصنيف *Taxonomy* وهو فرع من العلم يختص بتصنيف الكائنات الحية والحفريات.

٨- وحدات التصنيف Units Of Classification

تقسم الحياة العضوية إلى مملكتي النبات والحيوان. وتقسم المملكة إلى شعب *phyla* (من الكلمة الإغريقية *phylon*) وتضم كل شعبة كائنات لها صفات معينة مشتركة. فمثلا، كل الحيوانات التي لها حبل شوكي *spinal cord* تندرج تحت شعبة الحلييات *chordata*.

وتضم كل شعبة أقساما أصغر هي الطوائف *classes*، وتقسم كل طائفة إلى رتب *orders* ثم تقسم الرتب إلى فصائل *families* ثم تقسم الفصائل إلى أجناس *genera*، وينقسم كل جنس إلى وحدات أصغر تسمى أنواع *species* ويقسم أى نوع إلى أقسام أصغر يسمى الواحد منها تحت نوع *subspecies* ثم يقسم هذا إلى ضروب *varieties*. ويكون اسم الجنس *generic name* مع اسم النوع *trival name* الاسم العلمى *scientific name* للنوع. وطبقا لهذا النظام التسميى، فإن الاسم العلمى لكل البشر الحاليين هو *Homo sapiens*. وبالرغم من وجود بعض الفروق بين الأفراد من البشر، إلا أنهم جميعا تجمع بينهم صفات عامة مشتركة ولهذا يصنفون جميعا فى نوع واحد.

ويوضح الجدول التالى تصنيف الإنسان *man* والكلب *dog* ومحارة *clam* من ذوات المصراعين:

'Clam clam صرخة صرخة	'Dog الكلب	'Man الإنسان	
Animalia Mollusca Pelecypoda Eulamellibranchia Veneridae Venus mercenaria	Animalia Chordata Mammalia Carnivora Canidae Canis familiaris	Animalia Chordata Mammalia Primates Homnidae Homo sapiens	kingdom phylum class order family genus species المملكة الشعبة الطائفة الرتبة العائيلة الجنس النوع

وعند كتابة الاسم العلمى، فلا بد أن يبدأ اسم الجنس بحرف كبير capital letter واسم النوع يبدأ بحرف صغير ويجب أن يكتب بحروف مائلة أو يوضع تحت كل منها خط.

٩- استخدامات الحفريات How Fossils Are Used

تفيد الحفريات فى نواح كثيرة، إذ إن كل عينة منها قد تعطى معلومات عن زمن حياتها وأين عاشت وكيف كانت حياتها. وعلى سبيل المثال، نحن نستخدم الحفريات فى تتبع تطور النباتات والحيوانات، وفى الصخور الأقدم نجد الحفريات بدائية نسيا وبسيطة. بينما نجد الحفريات المشابهة لها والموجودة فى صخور أحدث وعاشت فى أزمنة متأخرة later times، نجد أنها أصبحت متطورة وأكثر تعقيدا.

وهناك حفريات معينة تستخدم كأدلة بيئية environmental indicators، مثل المراجين البانية للشعاب التى عاشت دائما تحت الظروف نفسها التى تعيش فيها حاليا. وعلى هذا الأساس فلو أن الجيولوجى وجد شعابا مرجانية متحفرة fossil reef corals فى مكانها in situ (حيث كانت تعيش أصلا)، فإنه يستطيع أن يؤكد أن الصخور التى تحتوى على هذه الشعاب قد تكونت من رواسب توضع فى مياه دافئة ضحلة ملحة.

وإن دراسة وجود وتوزيع الحفريات البحرية، يجعل من الممكن تحديد مواقع وامتداد بحار ما قبل التاريخ. كما أن بعض الحفريات قد تزودنا ببعض الأدلة على عمق القاع ودرجة حرارته وظروفه وقدر ملوحة المياه التى كانت تعيش فيها هذه الكائنات قبل تحفرها.

ومن أهم استعمالات الحفريات ما يتصل بأغراض المضاهاة (المضاهاة هى عملية لبيان أن طبقات صخرية معينة يتسمى بعضها إلى بعض). وبمضاهاة الطبقات التى تحتوى على حفريات بعينها، يمكن لنا أن نحدد توزيع التكاوين الجيولوجية فى منطقة ما. وهناك بعض الحفريات التى لها مدى جيولوجى رأسى محدود وتوزيع جغرافى منتشر، وبعبارة أخرى أن الكائنات التى تمثلها عاشت لفترة قصيرة من الزمن الجيولوجى، لكنها كانت ذات انتشار جغرافى واسع. وتسمى مثل هذه الحفريات باسم الحفريات المرشدة guide fossils أو الدليلية index fossils. وهذا

النوع من الحفريات مفيد جدا في عملية المضاهاة، إذ إنها لا توجد عادة إلا في صخور لها العمر نفسه. وتعد الحفريات الدقيقة microfossils حفريات مرشدة لجيولوجى البترول. وفي هذا المجال يقوم أخصائى الحفريات الدقيقة micropaleontologist بغسل العينات الصخرية التى أُحضرت من عمليات الحفر، ثم يقوم بفصل الحفريات الدقيقة من الصخر المحيط بها، وبعد ذلك يضع الحفريات على شرائح خاصة لتُدرس تحت المجهر. وقد تسفر المعلومات المستتجة من دراسة هذه الحفريات عن بيانات مفيدة عن عمر التكاوين الجيولوجية التحتسطحية وإمكانية إنتاج الزيت منها. وفي الواقع فلإن بعض النطاقات المنتجة للزيت في تكساس Texas، ولويزانا Louisiana قد سميت بأسماء أجناس معينة من الفورامينيفرا foraminifera.

وهناك أيضا حفريات دقيقة أخرى مثل الفيوزيوليدات fusulinids و الأستراكودات ostracods وحبوب اللقاح pollens والأبواغ spores تستخدم للتعرف على الطبقات والتكاوين التحتسطحية. وبالرغم من أن النباتات تستخدم كأدلة مناخية climatic indicators بنجاح، إلا أنها لا تفيد كثيرا في أعمال المضاهاة. ومع ذلك فهي تفيد في معرفة التطور الذى حدث للنباتات خلال الزمن الجيولوجى.

الفصل السادس عشر

الحياة فى العصور الماضية

LIFE OF PAST AGES

كانت بعض النباتات والحيوانات التى عاشت فى أثناء أزمنة ما قبل التاريخ، تشابه بشكل مدهش مثيلاتها التى تعيش فى الوقت الحالى. لكن البعض الآخر بلغ حجوما ضخمة، وكانت له أشكال متنوعة غريبة تختلف كثيرا عن الكائنات الحية الحديثة.

ويهدف هذا الفصل إلى تزويد القارئ بمقدمة تبرز تنوع أشكال الحياة ما بين الماضى والحاضر. وبالرغم من أن التصنيف الذى اتبع فى هذا الفصل لا يعد تقسيما مفصلا للغاية، لكنه تصنيف يفى بالغرض من هذا الفصل حيث يعد من أحدث التقسيمات. وحيث إنه توجد فروق بين التصنيف المتبع هنا وبين التصنيفات الأخرى وخاصة الأقدم والمنشور منها، فقد وضعت أسماء بديلة للقليل من المجموعات المدونة فيما يلى.

ويعتمد التقسيم الحالى على علم الشكل morphology، أى دراسة البنية structure أو الشكل form. وسوف تسهل دراسة هذه المداخل تعريف الصفات والخواص التشخيصية لكل مجموعة مدروسة. كذلك فإنها ستساعد فى التعرف على بعض الأشكال الأكثر انتشارا إذا وجدت على هيئة حضريات. وقد أضيفت تعليقات وبيانات عن كل مجموعة من حيث بيئتها، وأكثر طرق الحفظ شيوعا فيها، وكذلك المدى الجيولوجى لها (المدى الزمنى الذى عاشه الكائن الحى عبر التاريخ الجيولوجى).

ويوجد فى الملحق «ج» فى نهاية الكتاب تصنيف مبسط لعالمى النباتات والحيوانات فى شكل ملخص.

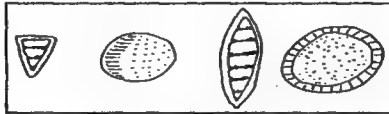
١- تصنيف (تقسيم) النبات Plant Classification

توجد الحفريات النباتية عادة على هيئة كِسرات غير محفوظة جيدا. ومع ذلك، فهناك بعض السجلات النباتية الحفرية التي زودتنا بمعلومات كثيرة عن تطور النبات. كذلك توجد أنماط معينة من النباتات المتحجرة تستخدم شواهد على الظروف المناخية القديمة، وبعض منها كان له أهمية كبيرة فى تكوين رواسب الفحم.

ويبين التصنيف التالى المجموعات التصنيفية الكبيرة فقط، ومع ذلك فهو يشير إلى التنوع الضخم للأشكال التى يتألف منها عالم النبات plant kingdom وقد وضع مصطلح «قسم division» بدلا من مصطلح «شعبة phylum» المستخدم فى عالم الحيوان animal kingdom، وفى الوقت الحالى يفضل علماء النبات وعلماء النبات القديم استخدام هذا المصطلح.

• عوليم النباتات الثالوسية Sub-Kingdom Thallophyta

تضم النباتات الثالوسية أبسط النباتات قاطبة، فهى نباتات لا تكون أجنة وليست لها جذور أو سوق أو أوراق، وتشمل أشكالا مثل الطحالب algae والفطريات fungi والحزازيات lichens والدياتومات diatoms. وتوجد الأخيرة (الدياتومات) على هيئة حفرية دقيقة فى الصخور الرسوبية البحرية (شكل ١١٧). وتفرز بعض أنواع الطحالب كربونات الكالسيوم بكميات كبيرة تسمح ببناء كتل ضخمة من الحجر الجيري تسمى الشعاب reefs. وتوجد هذه الشعاب الطحلبية فى صخور معينة من حقبة ما قبل الكامبرى، وتعد من أقدم الحفريات المعروفة. والمدى الزمنى للنباتات الثالوسية يمتد من ما قبل الكامبرى حتى العصر الحديث Recent.

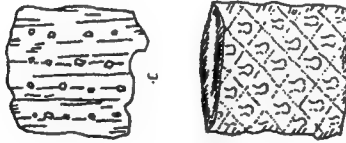


شكل (١١٧)

دياتومات (مكبرة جدا)

• عوالم النباتات الجنينية Sub-Kingdom Embryophyta

تعد النباتات الجنينية أكثر تطورا من النباتات الثالوسية، إذ إنها نباتات مكونة للأجنة، وتشمل أعضاء قسم الخزازيات bryophyta والجزازيات القائمة mosses، والجزازيات الكبدية liverworts. وبالرغم من المدى الجيولوجي الواسع للنباتات الجنينية؛ والذي يمتد من الدور الكربوني Carboniferous حتى العصر الحديث Recent، إلا أن حفريات هذا القسم نادرة. وأكثر أنواع النباتات الجنينية أهمية، النباتات التي تندرج تحت قسم النباتات الوعائية Tracheophyta (نباتات لها أنسجة وعائية vascular plants) والتي تقسم إلى أربعة تحت أقسام subdivisions، ومن بينها الكثير من النباتات الحية المهمة وكذلك النباتات المتحجرة؛ وهذه تضم السرخسيات ferns والنباتات الدائمة الخضرة evergreens والنباتات المزهرة flowering plants والأشجار الخشبية الصلبة hardwood trees. ومن أفضل أمثلة النباتات الوعائية المتحجرة النباتات السيكادية cycades "عاريات البذور" والسرخسيات ferns وكذلك نبات الجنكوس ginkgos «بالإضافة إلى النباتات المهمة في تكوين الفحم مثل الخزازيات القائمة الهوائية (mosse club) ونبات السمار (الأسفل) scouring rush وكذلك الأشجار الحشوية scale trees (شكل ١١٨) ويمتد المدى الجيولوجي للنباتات الوعائية من الدور السيلوري Silurian إلى العصر الحديث Recent. وقد وجدت أيضا بذور متحجرة وأبواغ spores وحبوب لقاح pollen grains، ونظرا لحجومها الدقيقة، فإن البعض منها يكون حفريات دقيقة قيمة.



شكل (١١٨)

حفريات النباتات متحجرة

ب- سجيلاريا.

ا- خشبانثيات.

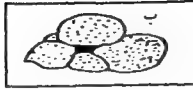
٢- عالم الحيوان Animal Kingdom

توجد بقايا الحيوانات المتحفرة بكثرة فى الصخور الرسوبية. وتتنوع هذه البقايا الحيوانية فى أنواعها، فمنها الأصداف الدقيقة (الميكروسكوبية microscopic) للحيوانات الوحيدة الخلية، ومنها عظام الدينصورات العملاقة. وأكثر أنواع الحفريات شيوعا هى بقايا الحيوانات اللافقارية مثل المرجان corals والرخويات molluscs والقنافذ البحرية echinoids. وفى بعض الأحيان قد لا يكون سهلا أن تصنف أنواع معينة من كائنات حية على أنها نباتات أو حيوانات. واقترح بعض العلماء أن توضع هذه الكائنات «الوسطية» «in-betweens» فى مجموعة منفصلة أو «عالم منفصل» separate kingdom يسمى «بروتستا Protista»، ويضم هذا العالم الأحياء وحيدة الخلية مثل البكتيريا والطحالب والأوليات والدياتومات، لكننا فى هذا الكتاب سوف ندرس ما هو معروف كنبات وما هو معروف كحيوان فقط.

• شعبة الحيوانات الأولية Phylum Protozoa

تشمل هذه الشعبة الحيوانات اللافقارية البسيطة وحيدة الخلية (حيوانات ليس لها عمود فقري Backbone)، ومعظم هذه الحيوانات ليس لها هيكل أو أجزاء صلبة، ومع ذلك فإن البعض منها قد يكون له جزء صلب خارجى قابل للتحفر. ومعظم الأوليات دقيقة الحجم (ميكروسكوبية) ولهذا فإن لها أهميتها كحفريات دقيقة. وتضم هذه الشعبة طائفة الساركودينا Sarcodina التى تقسم إلى ربتين هما: الفورامينيفرا Foraminifera والراديلولاريا Radiolaria، وهذان النوعان مفيدان كحفريات مهمة.

وتسمى أفراد رتبة الفورامينيفرا «المنخرات forams»، وهى عادة حيوانات بحرية تفرز أصدافا دقيقة عديدة الحجرات من الكيتين chitin أو السليكا silica، أو كربونات الكالسيوم calcium carbonate (شكل ١١٩). وتوجد الفورامينيفرا بكثرة فى كثير من الصخور الرسوبية البحرية ولها مدى جيولوجى واسع يمتد من الدور الكمبرى حتى العصر الحديث. ونظرا لانتشار الكبير للفورامينيفرا ووفرة أعدادها، فإنها تعد أكثر الحفريات الدقيقة فائدة على الإطلاق. وبالنسبة إلى



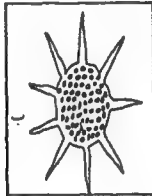
شكل (١١٩)

حفريات فورامينيفرا (مكبرة جدا)

١- فيوسولينا *Fusulina* (الكرووني).

ب- لنتيكولينا *Lenticulina* (الطباشيري).

الراديولاريا (الشعاعيات)، فإنها تفرز أصدافا سيليسية رقيقة مغطاة بأشواك (شكل ١٢٠) وتشيع بقاياها بكثرة في أنواع معينة من الرذاغ ooze أو في الرواسب البحرية عموما، ويمتد مداها الزمني من الدور الكمبري Cambrian إلى الحديث Recent، لكنها لا توجد عادة على هيئة حفريات.



شكل (١٢٠)

حفريات الراديولاريا (مكبرة جدا)

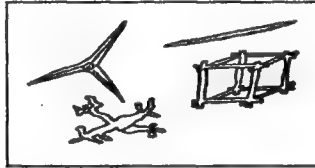
(١) بودوسيريتيس *Podocyrhis* (الكلاني).

(ب) تروكوديسكس *Trochodiscus* (الكرووني).

• شعبة المساميات (الإسفنجيات) Phylum Porifera

تعد الإسفنجيات أبسط الحيوانات عديدة الخلايا. وتفرز الإسفنجيات الحية المواد الكيتينية chitin، والسليكا silica و كربونات الكالسيوم calcium carbonat، أو الإسفنجين spongin لكي تكون أجساما صلبة صغيرة تشبه الإبر

(شكل ١٢١) تسمى الأشواك الإسفنجية spicules وهي تساعد على تدعيم الأنسجة الإسفنجية الرخوة وحمايتها. وبالرغم من عدم شيوع الإسفنجيات كحفريات، إلا أن أنواعا قليلة منها توجد بقلّة في صخور معينة من الحقب الباليوزوي Paleozoic Era. وبالإضافة إلى ذلك، فإن بعض الأشواك الإسفنجية لأنواع معينة قد توجد أحيانا على هيئة حفريات دقيقة. ومن المحتمل أن يكون أعضاء من شعبة الإسفنجيات قد عاشت خلال حقب ما قبل الكامبري. وقد وجدت بالفعل إسفنجيات معينة وأشباه إسفنجيات في الدور الكامبري وشاعت فيه.



شكل (١٢١)
أشواك إسفنجية (مكبرة جدا)

شعبة الجوفمعويات Phylum Coelentrata

تشمل شعبة الجوفمعويات مجموعة كبيرة من الحيوانات المائية عديدة الخلايا. وبالرغم من أن حيوانات هذه الشعبة أكثر تعقيدا من الإسفنجيات، إلا أنها تعد من الحيوانات البدائية. ويتميز الحيوان الحى بأن له جسما يشبه الجيب وفما محددًا، ولوامس تحمل أكياسا لاسعة stinging capsules.

وتعد المراجين corals والأسماك الهلامية (قناديل البحر) jellyfishes من الأمثلة الجيدة للجوفمعويات. ومن بين الطوائف الشائعة للجوفمعويات، توجد طائفة الهدريات Hydrozoa والفنجانيات Scyphozoa (الأسماك الهلامية jellyfishes) والأتشوزوات (الزهريات) Anthozoa (المراجين corals، وشقائق النعمان sea anemones)، إلا أن الأتشوزوات فقط هي التي خلفت سجلا بالتولوجيا جيدا.

• طائفة الأنثوزوات (الزهريات) Class Anthozoa

أفراد هذه الطائفة حيوانات بحرية، وتشمل شقائق النعمان والمرجاني. وهذه الأخيرة تعد مهمة من الناحية الجيولوجية.

وتنفرز المرجان الوحيدة أو الشبيهة بالقرون، هياكل خارجية تشبه الكؤوس أو المخاريط، بينما تعيش المرجان المركبة معا في مستعمرات مكونة من أفراد عديدة متصل بعضها ببعض. وتنقسم المرجان الحفرية إلى ثلاث مجموعات هي: المرجان المجعدة Rugosa، والمرجان السداسية Hexacorals، والصفائحيات Tabulates.

والمرجان المجعدة هي مجموعة متفرصة عاشت في حقب الحياة القديمة Poleozoic Era. وقد كونت أجزاء من شعاب ضخمة واستخدمت حفريات نطاقية في صخور الدورالكربوني. والمرجان بصفة عامة لا تعد حفريات نطاقية جيدة، نظرا لأن لها توزيعا محدودا. وقد تكون المرجان المجعدة إما مفردة solitary (مثل جنس Zaphrentis، أو على هيئة مستعمرات colonies (مثل جنس Lithostrotion) ولها حواجز محددة جيدا وصفائح حويصلية dissepiments (شكل ١٢٢ أ). وفي بعض المستعمرات المرجانية الكتلية الشكل، قد يفقد الجدار الذي يفصل بين المرجانات المفردة.

وتشمل المرجان المجعدة الشائعة الأجناس التالية:

Acervularia ، *Calceola* ، *Caninia* ، *Dibonophyllum*

Lithostrotion ، *Lonsdaleia* ، *Palaeocyclus* ، *Palaeosmilina*

Zaphrentis ، *Phillipsatraea*

وتتميز المرجان السداسية Scleractina بأنها قريبة الشبه جدا من المرجان المجعدة (الرباعية)، وأن لها حواجز مرتبة شعاعيا. وتوجد المرجان السداسية بداية من الدور الترياسي فأحدث، ولا توجد في صخور حقب الحياة القديمة.

ويعتقد أن المرجان السداسية قد نشأت عن تطور المرجان الرباعية؛ لكن هذا لم يثبت بالتأكيد. وتشمل المرجان السداسية بعض الأجناس مثل:

Thamnasteria و *Montlivatia* و *Goniopora*

وتعد المراجين الصفائحية tabulate corals أقدم أنواع المراجين المعروفة، لكنها كانت هامشية وطفئت عليها المراجين الرباعية فى حقبة الحياة القديمة (الباليوزوى). وتبدو فيها الصفائح واضحة، لكن الحواجز إما أن تكون متقزمة stunted أو غير موجودة. وتوجد كافة المراجين الصفائحية على هيئة مستعمرات وقد تكون أشكالاً كتلية أو توجد على هيئة سلاسل. وتشمل الأمثلة الشائعة من المراجين الصفائحية أجناس:

Alveolites ، *Favosites* ، *Halysites* ، *Heliolites*

، *Syringopora* و *Pleurodictyum* ، *Pachypora*

وهذه الأجناس تصنف غالباً فى رتبة الالكسوناريا Alcyonaria، نظراً لوجود تشابه ملحوظ بينها وبين المراجين الحديثة البنية للشعاب.

شكل (١٢٢)

المراجين

أ- الأجزاء الرئيسية.

ب- زافرينتس *Zaphrentis* (مرجان

مجمع-كربونى).

ج- كالسيولا *Calceola* (مرجان مجمع

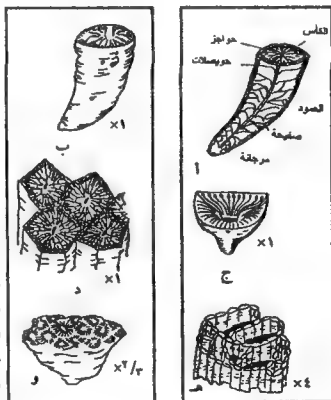
ديفوسى).

د- ليثوستروتن *Lithostrotion*

(مرجان مجمع-كربونى).

هـ- هاليسيتس *Halysites* (سيلورى).

و- إيساستريا *Isastrea* (جوراسى-طباشيرى) (× ١ = التكبير)



والمراجعين البانية للشعاب هي بالطبع، من الأشكال التي تعيش في مستعمرات وتعيش في البحار الضحلة الصافية الدافئة؛ وعليه فإن حفرياتها تعد أدلة جيدة على الظروف المناخية القديمة. ويصرف النظر عن شكل مشكوك فيه من المرجح وجد في صخور الدور الكمبري فإنه من المعروف جيدا أن المدى الجيولوجي للمراجعين يمتد بالتحديد من الدور الأودوفيشي إلى العصر الحديث، ولذلك فهي تعد إحدى أهم المجموعات الحفرية وبخاصة في صخور حقب الحياة القديمة.

• طائفة الهلريات Class Hydrozoa

بالرغم من العلاقة الضعيفة بين رتبة الاستروماتوبورات Order Stomatoporoidea وبين المرجحين، إلا أن الاستروماتوبورات كانت في بعض الأزمنة مهمة كبنائيات للشعاب. وكانت بداية ظهورها في الدور الأودوفيشي، لكنها بلغت أوجها في الدور الديفوني، كما أنها وجدت أيضا في صخور حقب الحياة المتوسطة وتتكون هذه الصخور من كتل من أنابيب «الاستروماتوبورا Stomatopora»، وهذا الجنس أكثر أفراد هذه الرتبة انتشارا، وهو يضاهاى جنس «ميليپورا Millepora» وهو من الأجناس الحالية البانية للشعاب، وأيضا من الهلريات، لكنه من رتبة مختلفة.

• الديدان Worms

يطلق اسم الديدان worms على مجموعة كبيرة من الحيوانات المتنوعة التي تشمل ثلاث شعب three phyla، وهي:

الديدان المسطحة flatworms "Platyhelminthes"، والديدان الأسطوانية round worms "Nemathelminthes" والديدان الدوارة rotifers "Trochelminthes".

ولما كان معظم الديدان لا يحتوى على أى هيكل صلب، فإن هذه الحيوانات لم تترك إلا سجلا حفريا ضئيلا أو لم تترك وراءها سجلا بالمرّة. وليس هذا هو الحال في الديدان الحلقية annelid والتي سبقت الإشارة إليها من قبل.

- شعبة البريوزوا (الحزازيات) Phylum Bryozoa

تشمل هذه الشعبة حيوانات صغيرة تعيش في مستعمرات، يطلق عليه عادة «الحيوانات الحزازية» moss animals وهى واسعة الانتشار فى البحار الحديثة ويفرز كل حيوان هيكلا خارجيا دقيق الحجم يشبه الفنجان من مادة كيتينية أو جيرية قد يحفظ كحفرية (شكل ١٢٣).



شكل (١٢٣)

البريوزوا

١- ارشميدس *Archimedes* (الكريونى).

ب- ليوكليما *Lioclema* (الكريونى).

وتنتشر حفريات البريوزوا فى تكاوين معينة من صخور حقب الحياة القديمة، ويتردد مداها الزمنى بين الدوراالأردوفيشى والحديث، ولو أنه قد سجلت منها أشكال مشكوك فيها بصخور الدور الكمبرى.

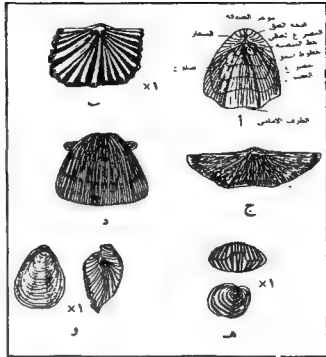
- شعبة المبرجانيات (ذراعيات الأقدام) Phylum Brachiopoda

تضم شعبة المبرجانيات مجموعة كبيرة من الحيوانات البحرية ذات أصداف تتكون الواحدة منها من مصراعين (شكل ١٢٤) وتتركب الصدفة من مواد جيرية أو فوسفاتية، تحوى الأجزاء الرخوة للحيوان بداخلها لحمايتها. وتلتصق المبرجانية البالغة بأرضية المحيط بواسطة عنق *pedicle* وهو جزء لحمى رخو، يخرج عادة من خلال فتحة التنقار؛ وهى فتحة فى المصراع العنقى. ويسمى المصراع الآخر من الصدفة باسم المصراع العضلى *brachial*، وهو عادة المصراع الأصغر. (يطلق على المصراعين المصراع البطنى «العنقى» والمصراع الظهرى «العضلى» على الترتيب).

شكل (١٢٤)

المسرجانيات

- ١- (الأجزاء الرئيسية للمسرجانيات المشقة
ب- *Orthis* (باليوزوى).
ج- *Spirifer* (الباليوزوى العلوى).
د- *Productus* (الباليوزوى العلوى).
هـ- *Rhynchonella* (سيلورى-حديث).
و- *Terebratula* (ديفونى-حديث)



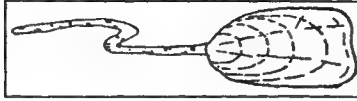
وتقسم شعبة المسرجانيات إلى طائفتين هما: المسرجانيات غير المشقة
Inarticulata والمسرجانيات المشقة Articulata

- طائفة المسرجانيات غير المشقة Class Inarticulata

المسرجانيات غير المشقة هي أشكال بدائية إلى حد ما، ولها تاريخ
جيولوجى طويل يمتد من الكمبرى المبكر Eearly Cambrian حتى الحديث
Recent

وقد سجل حديثا وجود هذه الطائفة في صخور ما قبل الكمبرى. ومعظم
أفراد هذه الطائفة لها شكل بيضى أو شكل اللسان، ولا يوجد فيها ثقب للعنق،
بل يلتصق المصراعان الواحد بالآخر بالعضلات وليس عن طريق مفصلة
hinge بها أسنان (انظر فيما بعد). ويعد جنس لنجيولا *Lingula* (شكل ١٢٥)
مثالا للمسرجانيات غير المشقة، وهناك أشكال شائعة أخرى مثل *Crania* و

Orbiculoidea و *Lingulella*



شكل (١٢٥)

Lingula من المبرجانيات غير المعشقة

• طائفة المبرجانيات المعشقة Class Articulata

أفراد هذه الطائفة لها مفصلة محددة بوضوح، ويوجد فى أحد المصراعين أسنان *teeth* تعشق فى تجاويف *sockets* توجد فى المصراع الآخر. وتتميز المبرجانيات المعشقة بأن لها أصدافاً جيرية وفوسفاتية. وتتكون كل صدفة من مصراعين مختلفين فى الحجم فى الحالة النموذجية. وتتخذ الأصداف أشكالاً متعددة ومتباينة (شكل ١٢٤). وتنقسم المبرجانيات المعشقة إلى رتبين تنقسم كل منهما إلى رتبيات *sub-orders* عديدة وذلك على أساس شكل الصدفة وهيتها. وتشمل المبرجانيات المعشقة أمثلة كثيرة نذكر منها:

Suborder	تحت رتبة	Examples	الأمثلة
Strophomena		<i>Chonetes, Leptaena, Productus, Strophomena</i>	
Orthocea		<i>Orthis</i>	
Pentameruacea		<i>Conchidium, Pentamerus, Strickladia,</i>	
Spiriferacea		<i>Atrypa, Cyrtia, Spirifer,</i>	
Rhynchonellacea		<i>Pugnax, Rhynchonella</i>	
Terebratulacea		<i>Stringocephalus, Terebratula</i>	

ويمتد المدى الزمنى للمبرجانيات المعشقة من الكامبرى المبكر حتى الحديث، وهى حفريات متشرة بشكل خاص فى الطبقات الحاملة للحفريات فى حقبة الحياة القديمة.

-شعبة الرخويات Phylum Mollusca

تشمل شعبة الرخويات مجموعة كبيرة من الحيوانات المائية aquatic والبرية (terrestrial land-dwelling). وتضم أفراد هذه الشعبة الأشكال المألوفة من القواقع والأصداف (clams) والأويستر oysters والحبار squids والأخطبوط octopuses. ومعظم الرخويات لها صدفة جيرية تعمل كأنها هيكل خارجي exskeleton وهذه الأجزاء الصلبة مهيأة تماما للحفظ كحفريات. لكن هناك رخويات مثل slugs وليس لها أصداف، بينما توجد أشكال أخرى مثل الحبار لها صدفة داخلية. ونظرا لوفرة الرخويات وتنوعها وامتدادها الطويل عبر الزمن الجيولوجي فإنها تعد من الحفريات المقيمة.

وتقسم شعبة الرخويات إلى خمس طوائف هي: الأمفينيورا Amphineura، وزورقيات الأقدام Scaphopoda والمحاريات Pelecypoda، والبطنقدميات Gastropoda، والراسقدمات Cephalopoda. وتوجد طوائف المحاريات والبطنقدميات والراسقدمات فقط كحفريات شائعة.

• طائفة المحاريات Class Pelecypoda

تميز المحاريات رقائعية الخياشيم بصدفة تتكون من مصراعين من الجير (شكل ١١٢٦)، يضمنان الأجزاء الرخوة للحيوان. والمحاريات حيوانات مائية توجد في المياه العذبة كما توجد أيضا في المياه المالحة. ومعظم المحاريات تتحرك يبطه على القاع الذي تعيش عليه مثل clam بينما البعض الآخر مثل الأويستر oysters يلتصق بالقاع. وأشكال أخرى مثل scallops تعيش سابحة في الماء.

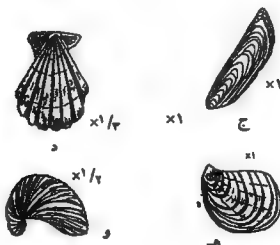
وتركب صدفة المحاريات من مصراعين متساويين في الشكل والحجم يرتبطان الواحد بالآخر برابط مرن يمتد على طول الجانب الظهري للصدفة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن معظم الأشكال لها أسنان ومغارس teeth and sockets توجد على طول خط المفصلة hinge line. وتغطي الصدفة من الخارج مادة قرنية تسمى البشرة القرنية periostracum، بينما يغلف السطح الداخلي لكل مصراع سطحية جيرية calcareous layer من مواد لها تركيب اللؤلؤ pearly أو الخرف porcellaneous. وبالرغم من تنوع أشكال الصدفة في المحاريات (شكل ١٢٦) إلا أن معظمها يكون له شكل المحارة ذات المصراعين clam ويوجد المتقار beak القى

يمثل أقدم أجزاء الصدفة على النهاية الأمامية للصدفة (المقدمة)؛ ويسمى الجزء الآخر من الصدفة باسم المؤخرة posterior. وإذا كانت الصدفة مستطيلة من الخلف، فهذا يدل على أن الحيوان كان مدفوناً جزئياً. وتسمى الحافة السفلى لصدفة الحيوان (حيث يفتح المصراعان) باسم الحافة البطنية ventral margin. وكما سبقت الإشارة إليه فإن الحافة الظهرية dorsal margin هي الجانب العلوى الذى توجد على امتداده المفصلة والرباط. ويتميز المصراع من الداخل ببعض التراكيب مثل الأسنان والمغارس، وتُدب العضلات، وبعض الصفات التشخيصية diagnostic features. ويتميز الجانب الخارجى لكثير من الأصداف بوجود خطوط النمو concentric growth lines، وكذلك بوجود الأشواك والضلوع والتواءات وأنماط أخرى من الزخرفة. وفى العادة يتم حفظ حفريات رقائقيات



شكل (١٣٦)
للحاربات

- أ- الأجزاء الرئيسية.
- ب- *Tringonia* (جوراسى - حديث).
- ج- *Modiola* (ديفولى - حديث).
- د- *Pecten* (ترياسى - حديث).
- هـ- *Inoceramus* (جوراسى - طباشيرى).
- و- *Gryphacea* (جوراسى - لويسين).



الخياشيم على هيئة قوالب moulds وصَبَات casts، لكن الكثير منها يوجد بالمادة الأصلية للصدفة نفسها التى قد تظهر بها تغيرات ضئيلة تكون قد طرأت عليها. وكان أول ظهور لرقائقيات الخياشيم أو المحاريات فى الدور الأردوفيشى، وانتشرت خلال حقبة الحياة القديمة المتأخر بصفة خاصة، وكذلك خلال خلال حقبة الحياة المتوسطة وحقبة الحياة الحديثة.

وكما هو الحال فى المسرجانيات، فإن رقائقات الخياشيم تتنوع وتقسّم إلى رتب عديدة وكذلك إلى رتيبات suborders على أساس الصفات التشريحية المختلفة مثل خط المفصلة. ولرقائقات الخياشيم أشكال شتى، من الأشكال الشائعة منها:

Astarte, Carbonicola, Cardiola, Cardita

Cardium, Exogyra, Glycimeris, Gryphaea

Inoceramus, Lima, Mya, Ostrea

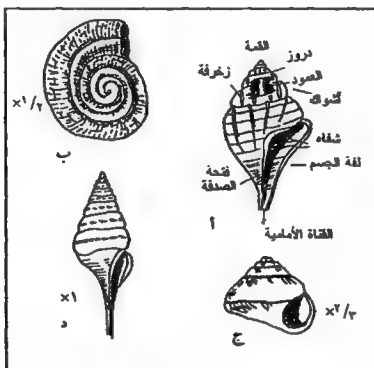
Pecten, Spondylus, Trigonia, Venus

• طائفة البطنقدميات (القوقليات) Class Gastropoda

تتميز صدفة البطنقدميات فى صورتها النموذجية بأنها صدفة ذات مصراع واحد، ملفوفة لفا حلزونيا وهى صدفة غير مقسمة إلى حجرات. ومعظم البطنقدميات لها خياشيم وتعيش فى المياه البحرية الضحلة، ويعيش بعضها فى المياه العذبة أيضا، كما أن بعضها يعيش على البر ويتنفس عن طريق رئة.

وكان أول ظهور البطنقدميات فى الدور الكمبرى المبكر واستمرت حتى العصر الحديث. ومعظم حفريات البطنقدميات وحتى تلك الأشكال الحديثة منها تتنوع أشكالها وأحجامها وأنماط زخرفتها (شكل ١٢٧) وقد تكون الصدفة مسطحة flat أو ملفوفة لفا حلزونيا أو على شكل المخروط أو على شكل البرج turreted أو اسطوانية الشكل. ويسمى جزء الصدفة المخلق الذى يشير إلى نهايتها بالقمة apex، وكل دورة من الصدفة باسم لفة whorl، وتسمى أكبر لفة وآخر لفة فى التكوين باسم لفة الجسم body whorl وتسمى فتحة الصدفة باسم الفُرْجَة aperture

وتوجد فى لفة الجسم. ويتكون الخزون *spire* من كل اللفات ماعدا لفة الجسم. وفى معظم الحالات، يكون اتجاه لف الصدفة يمينيا *dextral*، لكن هناك أشكالاً من أصداف البطنقدميات يكون اتجاه لف الصدفة فيها يسارياً *sinistral* فى أجناس وأنواع معينة. ويعرف الجزء الخارجى من الفُرجة بالشفة الخارجية *outer lip*، والجزء الداخلى منها يعرف بالشفة الداخلية *inner lip*. وتستطيع بعض القواقع أن تغلق الفُرجة بواسطة لوح يتكون من مادة قرنية أو جيرية. وهذا اللوح يغلق الفُرجة بإحكام حينما يسحب الحيوان نفسه إلى داخل الصدفة. وكثير من البطنقدميات حفظت على هيئة قوالب خارجية أو قوالب داخلية وبخاصة تلك الحفريات الموجودة فى صخور حقبة الحياة المتوسطة وكذلك حقبة الحياة القديمة.



شكل (١٣٧)

البطنقدميات

١- (الأجزاء الرئيسية).

ب- *Ennomphalus* (سيلوى - تريسى).

ج- *Pleurotomaria* (تريسى - حديث).

د- *Fusinus* (طياشيري - حديث).

ويتكون القالب الداخلى بعد موت الحيوان وبعد تحلل أجزائه الرخوة، وبعد ذلك تملأ الصدفة بالرواسب التى تتصلب فيما بعد. وقد تزول الصدفة بعد ذلك نتيجة لعملية التجوية أو بواسطة الفعل الإذائى للمحاليل، فيتكشف القالب الداخلى internal mould ويسمى هذا النوع من القوالب باسم steinkern، وفى العادة فإنه لا يظهر أية صفات داخلية للصدفة.

ومن البطنقدميات المنتشرة والمميزة :

Conorbis, Bellerophon, Euomphalus, Fusinus

Planorbis, Turritella, Viviporous, Voluta

• طائفة الرأسقدميات Class Cephalopoda

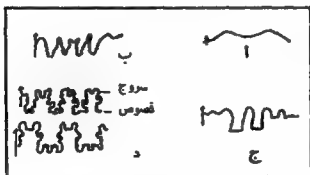
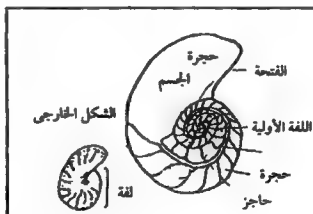
الرأسقدميات رخويات بحرية قد تكون لها صدفة أو تكون بلا صدفة. وفى حالة وجود الصدفة فقد تكون داخلية أو خارجية، وقد تكون بدون حواجز أو مقسمة بالحواجز إلى حجرات chambers والرأسقدميات حيوانات بحرية بصفة عامة وهى من آكلات اللحوم carnivorous. وهى حيوانات حرة (غير ملتصقة) unattached وتعد أكثر أنواع الرخويات تطورا وذات درجة مرموقة بين الحفريات المرشدة، وتشمل الحبار squid، والأخطبوط octopus، وجنس Nautilus اللؤلؤى، وكذلك الأشكال المنقرضة من الأمونيدات ammonoids. ويمتد المدى الجيولوجى للرأسقدميات من الدور الكمبرى إلى العصر الحديث، لكنها كانت أكثر انتشارا فى البحار القديمة مما هى عليه الآن فى البحار الحديثة. وتقسم طائفة الرأسقدميات إلى ثلاث طويثفات هى: النوتيلويدات Nautiloidea أو رباعية الخياشيم (ويمثلها فى الأزمنة الحالية جنس نوتلس اللؤلؤى Pearly Nautilus، وطويثفة الأمونيدات Ammonoidea (المنقرضة)، وطويثفة كوليديا Coleoide) الأخطبوط والحبار. والنوتيليدات Nautiloids والأمونيدات Ammonoids هى أكثر المجموعات الحفرية أهمية بين هذه الطويثفات.

• طويثفة نوتيلويدا Subclass Nautiloidea

تعد طويثفة النوتيلويدا من الرأسقدميات التى لها صدفة خارجية مقسمة إلى حجرات. والحواجز septa فيها بسيطة وذات حواف ناعمة. وتتمثل هذه الطويثفة بشكل وحيد يعيش الآن هو Nautilus، وبأعداد كثيرة من الأشكال المتحجرة.

وتتكون صدفه جنس *Nautilus* من كربونات الكالسيوم، وتلتف الصدفة لفا حلزونيا مسطحا (شكل ١٢٨). ويقسم داخل الصدفة إلى سلسلة من الحجرات تفصلها حواجز جيرية *septa* ويسمى خط الاتصال بين الحواجز والسطح الداخلي للصدفة باسم خط الدرر *suture line* ولا يمكن رؤية خطوط الدرر (انظر شكل ١٢٩) إلا إذا أزيلت الصدفة الخارجية، لكن يمكن رؤيتها على القالب الداخلي لكثير من حفريات الراسقدميات، وخطوط الدرر مهمة في تصنيف النوتيلويدات والأمونيدات. وتتميز النوتيلويدات بخطوط درر بسيطة منحنية بلطف، لكن الأمونيدات تتميز بخطوط درر أكثر تعقيدا وأكثر تعرجا. وبالرغم من أن صدفه جنس نوتلس وهو الوحيد الذي يعيش حتى الآن هي من النوع الملفف *Coiled*، فإن أشكالا قديمة سابقة كانت غير ملتفة أو كانت أصدافها مخروطية الشكل. وقد بلغ طول بعض أشكال النوتيلويدات القديمة في حقب الحياة القديمة المبكر حوالي خمسة عشر قدما. وقد جمعت أقدم حفريات معروفة للنوتيلويدات من صخور الكمبري السفلى، وكانت شائعة بدرجة أكبر خلال حقب الحياة القديمة

شكل (١٢٨)
المورفولوجيا والأجزاء الرئيسية
للصدفة النوتيلية اللولبية



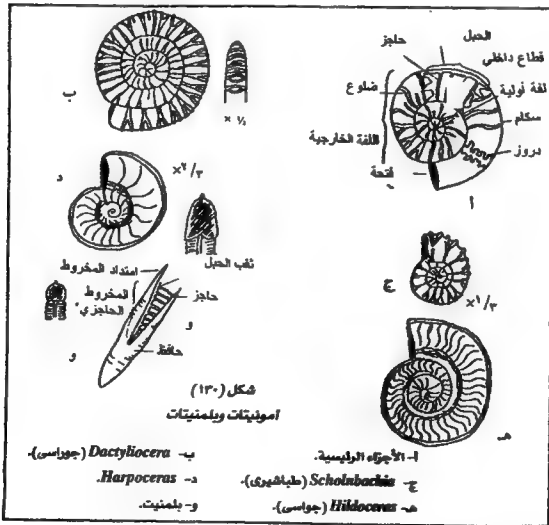
شكل (١٢٩)
نمط الدرر المميزة للراسقدميات
١- نوتيلاس.
ب- جونياتيتس.
ج- سيراتيتس.
د- أمونيتس.

أكثر عما هي عليه الآن. وكان جنس *Orthoceras* من الأشكال الشائعة المستقيمة أو المنحنية انحناءً بسيطاً، وقد استمر انتشاره من الدور الأوردوفيشي حتى الدور الترياسي.

• طويضة الأمونيدات Subclass Ammonoidea

أعضاء هذه الطويضة من الرأسقدميات المنقرضة وهي ذات علاقة قريى بالنوتيلودات، لكنها تتميز بنظام لخطوط الدرر أكثر تعقيدا .

ولهذه الطويضة صدفه خارجية متجزئة *partitioned*، وقد تكون مستقيمة، أو منحنية، أو ملتفة لفا حلزونيا (شكل ١٣٠) وقد بدأ أول ظهورها في الدور الديفوني، وكانت متنوعة ومتشرة إسان حقب الحياة المتوسطة ثم ما لبثت أن انقرضت بنهاية الدور الطباشيري.



ويوجد في طويشفة الأمونيدات ثلاثة أنماط من خطوط الدرز: الدرز الجونيائيتي goniatitic (وهو خط درز منحني وزاوي) وخط الدرز السيراتيتي ceratitic، (وهو منحني وبه عدد أكبر من الفصوص بعضها مشرشر مثل الأسنان)، والنمط الثالث هو خط الدرز الأمونيتي ammonitic وهو أكثر تعقيدا من النوعين السابقين. وحفريات الرأسقدميات ذات خط الدرز الأمونيتي يمتد مداها الزمني من الدور الكربوني إلى الدور الطباشيري وكانت أكثر الرأسقدميات انتشارا في حقب الحياة المتوسطة. وتتميز الكلمينيدات *Clymeniids* ونموذجها *Clymenia* بأنها مجموعة فريدة يكون اتجاه اللف فيها على عكس ما في الأمونيات *Ammonites* جميعا، وكذلك كان لها محص *siphuncle* عند الحافة الداخلية (شكل ١٢٨). وتتميز الجونيائيتات بخطوط درز بسيطة، وفيما يلي ذكر لبعض الأمونيات والتي تعد من الأشكال المنتشرة.

<i>Dactyloceras</i>	<i>Ceratites</i>	<i>Amaltheus</i>
<i>Hildoceras</i>	<i>Harpoceras</i>	<i>Hamites</i>
<i>Phylloceras</i>	<i>Lytoceras</i>	<i>Hoplites</i>
<i>Turrilites</i>	<i>Stephanoceras</i>	<i>Schloenbachia</i>

ويلاحظ أن جنس *Turrilites* كان ذا شكل حلزوني.

• طويشفة الكوليئات Subclass Coleoidea

تتميز هذه الطويشفة من الرأسقدميات بأن لها صدفة داخلية أو لا توجد لها صدفة على الإطلاق، وتشمل هذه الطويشفة الحبار والأخطبوط وكذلك البلمينيات المنقرضة. ويبدو أن البلمينيات تمثل بقايا حفريات كائن حي يشبه السمك الحبار الموجود حاليا. وقد سميت البلمينيات «أصابع الأحجار» *finger stones* نظرا لشكلها المميز؛ كذلك يطلق عليها حفريات السيجار *fossil cigar*. ويمتد المدى الزمني لهذه الطويشفة من الدور الكربوني حتى الدور الطباشيري، وتوجد أنواع معينة من هذه الطويشفة تُستخدم مرشدة لدوري الجوراسي والطباشيري.

• شعبة الديدان الحلقية Phylum Annelida

الديدان الحلقية ديدان شدفية (يتكون جسمها من عُقَل) كدودة الأرض الشائعة وتعيش هذه الديدان في البيئات البحرية والمياه العذبة وكذلك على البر. ويظهر أن هذه الديدان كانت منتشرة بكثرة خلال معظم التاريخ الجيولوجي، ولما كانت هذه الديدان لا تحتوى على أجزاء صلبة، فلم تترك من بقاياها سوى أدلة صغيرة عن أنشطتها في الماضي الجيولوجي. ومع ذلك فقد تركت بعض الديدان الحلقية بقايا عبارة عن أنابيب جيرية calcareous tubes وفكوك وأسنان كيتينية تسمى scolecodonts وكذلك تركت حجورا burrows وثقوبا borings .

وقد عثر على بقايا غير مشكوك فيها للديدان الحلقية في صخور يمتد عمرها الجيولوجي من الدور الكمبرى حتى العصر الحديث. ومن المحتمل أن يكون وجود بعض الآثار والحفر tracks and burrows التى عثر عليها في صخور لحقب ما قبل الكمبرى، من الأدلة على وجود الديدان الحلقية في فترة سبقت الدور الكمبرى .

• شعبة المفصليات Phylum Arthropoda

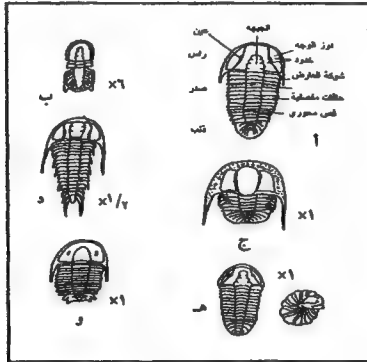
تضم هذه الشعبة إحدى أكثر مجموعات اللافقاريات تقدما. وهي معروفة منذ الدور الكمبرى حتى العصر الحديث. ويمثل هذه الشعبة في العصر الحالى سرطان البحر crabs، والروبيان shrimps وجراد البحر crayfish، والحشرات insects، وكذلك العنكبوت spider.

وتختلف المفصليات في أشكالها وأحجامها اختلافا واسعا وتعد من أكثر الأصناف انتشارا في عالم الحيوان. وقد أقلمت نفسها على المعيشة في كل الظروف والبيئات سواء على البر أو في الماء أو في الهواء.

وبالرغم من أهميتها الهائلة في الوقت الحالى، إلا أن ما يهتم به المختص بعلم الحفريات القديمة «الباليونتولوجيا» مجموعات قليلة من شعبة المفصليات وهي: الترايلوبيتات subclass triobita «ثلاثيات الفصوص»، والأستراكودات subclass ostracoda، وعقارب البحر eurypterids.

الترايلوبيت Trilobites

هذه أعضاء من طائفة الترايلوبيتات Trilobita التي تنتمي إلى شعيبة الترايلوبيتومورفا Trilobitomorpha. والترايلوبيتات مفصليات بحرية بدون استثناء. وتأخذ هذه المجموعة اسمها من كون الجسم منقسما إلى ثلاثة أقسام: (tri=3, lobe=part). ويوجد الجسم داخل هيكل خارجي من مادة الكيتين، ويتكون أيضا من ثلاث مناطق: منطقة وسطى (الفص المحوري) ومنطقتان (فصان) جانبيان (شكل ١٣١) وينقسم الجسم أيضا من الأمام إلى الخلف إلى الرأس cephalon والصدر thorax، والذنب pygidium. وفي بعض الأنواع ترتب شذف الصدر بطريقة تسمح للحيوان بأن يلتف على هيئة كرة. وقد عثر على كثير من الترايلوبيتات في هذا الوضع (شكل ١٣١).



شكل (١٣١)

الترايلوبيتات

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| ١- الأجزاء الرئيسية. | ب- Agnostus (بانيوزي سفلي). |
| ج- Trinucleus (أريوفشي). | د- Paradoxides (كمبري). |
| هـ- Calymene (سيلوري). | و- Angelina (أريوفشي). |

وقد بذلت محاولات عديدة لتصنيف الترايلوبيات على أساس أنها إما أن تكون متساوية الذنب isopygous (أى أن ذنبها مساوٍ لرأسها فى الحجم)، أو أنها تكون عمياء blind (ليس لها عيون)، أو على أساس وضع درز الوجه facial suture. وفيما يلى أسماء قليل من الترايلوبيات الشائعة:

Acidaspis, Agnostus, Angelina, Asaphus, Calymene

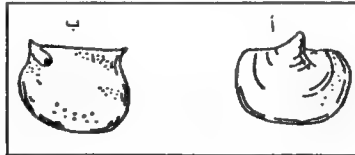
Olenellus, Olenus, Paradoxides, Phacops, Trinucleus

ويمتد المدى الجيولوجى للترايلوبيات من الدور الكمبرى حتى الدور البرمى. وكانت الترايلوبيات منتشرة بصفة خاصة خلال بعض الفترات الزمنية فى حقبة الحياة القديمة المبكر.

• الأستراكودات Ostracods

تضم طائفة الأستراكودات ostracoda مفصليات دقيقة ثنائية المصراع. وتنتمى هذه الطائفة إلى شعبة القشريات sub-phylum crustacea والتي تضم أيضا سرطان البحر crabs والروبيان shrimps وجراد البحر lobsters and cray fish. وتشبه الأستراكودا من الخارج المحاربات ثنائية المصراع الصغيرة small clams، فهي قشريات مائية صغيرة (شكل ١٣٢). وعلى أى حال فالحيوان الموجودة فى صدفته له كل الصفات المتكاملة للمفصليات. ويمتد المدى الزمنى للأستراكودات من الدور الأردوفيشى إلى العصر الحديث.

وتعد الأستراكودات من الحفريات الدقيقة المفيدة نظرا لحجمها الصغير.

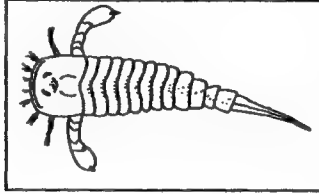


شكل (١٣٢)

أستراكودا من الباليوزوى (مكبوة جدا)

• العقارب البحرية Eurypterids

الحقت هذه المفصليات المتقرضة بطائفة ذوات الشفيرات class merostomata التى تتبع شعبة الكلايات sub-phylum chelicerata التى تضم العقارب scorpions، والعنكبوت spider والسوس mites، والقراد ticks، وكذلك سرطان البحر الملك king crab. وكانت العقارب البحرية Eurypterids تتخذ أشكالاً مائية تشبه العقارب البرية المعتادة وتتميز بزوائد تشبه الجناح العريض الممتد (شكل ١٣٣). ويعتقد أن بعضها كانت له غدة للسم وزباني للدغ.



شكل (١٣٣)

Eurypterid من مفصليات الباليوزوى المبكر

وبالرغم من عدم شيوع هذه المفصليات المتقرضة كحفريات، إلا أنها توجد فى بعض صخور الدور السيلورى والدور الديفونى فى تكويناتهما المحلية، ويمتد عمرها الجيولوجى من الأردوفيشى المبكر إلى الدور البرمى.

• شعبة الجلدشوكيات Phylum Echinodermata

تشمل الجلدشوكيات مجموعة كبيرة من الحيوانات البحرية بدون استثناء، معظمها له تماثل خماسى مميز. والحيوان فى حد ذاته معقد إلى حد ما، وله هيكل يتكون من ألواح جيرية عديدة ملتحمة بعضها مع بعض بطريقة معقدة وتغطيها من الخارج طبقة جلدية تسمى الغلاف integument. وكثير من الجلدشوكيات له جسم يشبه النجمة تماماً، لكن هناك أنواعاً تأخذ شكل القلب heart-shaped أو شكل الكعكة أو شكل الخيار. وحفريات الجلدشوكيات واسعة الانتشار فى الصخور الرسوبية البحرية فى كل العصور.

وقد قسمت شعبة الجلدشوكيات إلى شعيبتين sub-phyla : هما
الجلدشوكيات الجالسة Pelmatozoa ، والجلدشوكيات الهائمة Eleutherozoa .

- شعبة الجلدشوكيات الجالسة Sub-phylum Pelmatozoa

هذه هي الجلدشوكيات التي تلتصق عموماً بقاع البحر بواسطة ساق من مواد
جيرية تتكون من قطع هيكلية قرصية الشكل ضئيلة الحركة.

والمدى الجيولوجي لهذه الشعبة يبتدىء من الدور الكمبري حتى العصر
الحديث، لكنها تنتشر بشكل خاص كحفريات فى صخور حقبة الحياة القديمة مع
أنها لم تستخدم كحفرية نطاقية إلا فى حالة وحيدة فى الطباشير chalk من حقبة
الحياة المتوسطة Mesozoic .

وبالرغم من تقسيم الجلدشوكيات الجالسة إلى طوائف عديدة، إلا أننا سنذكر
فى هذا الكتاب ثلاث منها فقط، هى: طائفة الكيسيات Cystoidea وطائفة
البرعميات Blastoidea وطائفة الزنبقانيات Crinoidea . وجميع الجلدشوكيات
الجالسة منقرضة تماماً ماعدا طائفة الزنبقانيات .

- طائفة الكيسيات Class Cystoidea

هذه طائفة بدائية منقرضة من الجلدشوكيات، وكانت منتشرة نسبياً خلال
حقبة الحياة القديمة المبكر. وتتميز الكيسيات بأن لها كأساً calyx ذات شكل
كروى أو كيسى (وهو الهيكل الأساسى) الذى يتكون من ألواح جيرية عديدة
تترتب بلا نظام (شكل ١٣٤ أ) وكان الحيوان يلتصق بقاع البحر بواسطة ساق



شكل (١٣٤)

جلد شوكيات جالسة

ب- برعميات

أ- كيسيات

قصيرة. وكانت الكيسيات متشرة بصفة خاصة فى الدورين الأردوفيشى والسيلورى، لكن مداها الزمنى يمتد من الكمبرى حتى الديفونى.

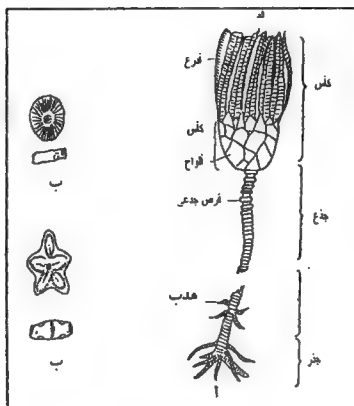
• طائفة البرعميات Class Blastoidea

أعضاء هذه الطائفة من الجلدشوكيات المنقرضة، كانت لها سوق قصيرة متصلة بكأس صغيرة متماثلة وعلى شكل البرعم. ويوجد الفم بالقرب من مركز الكأس وتحيط به خمس فتحات تسمى الفتحات الحيشومية spiracles وتتفرع من الفم خمسة مجار غذائية «food grooves» تمتد إلى أسفل. والمدى الزمنى للبرعميات يمتد من الدور الأردوفيشى حتى الدور البرمى، لكنها كانت شائعة الانتشار بصفة خاصة خلال الدور الكربونى.

• طائفة الزنبقيات Class Crinoidea

تسمى عادة باسم زنابق البحر sea-lilies لأن مظهرها يشبه الزهور. وهى الطائفة الوحيدة من الجلدشوكيات الجالسة التى لاتزال موجودة حتى اليوم. ويتكون الكأس الزنبقانى crinoid calyx من ألواح عديدة مرتبة بنظام تماثل symmetrically arranged. ومعظم الزنبقيات لها جزع طويل (شكل ١٣٥)، أما بقية الزنبقيات فتسبح بحرية free-swimming فى مرحلة النضوج، وتلتصق فقط فى الأطوار الأولى من نموها. وللزنبقيات النموذجية كأس يشبه الفنجان وله خمسة مجار تشع منه وتخرج من المركز فى اتجاه الخارج، وتستخدم هذه المجارى فى إمداد الفم بالغذاء، وتمتد هذه المجارى على طول الأذرع المعقدة. ويتكون الجذع stem من ساق طويلة مرنة تتكون من قطع جيرية عديدة تشبه الأقراص تسمى الأقراص الجذعية columnals. والقرص الجذعى مستدير أو على شكل النجمة؛ ويوجد فى كل قرص ثقب عند المركز. وتنفصل هذه الأقراص الجذعية عندما يموت الحيوان وتوجد أحجار جيرية معينة من حقب الحياة القديمة تحوى كميات كبيرة من هذه الأقراص الجذعية، ولذلك تسمى الأحجار الجيرية الزنبقانية. وتلتصق جنوع الزنبقيات بقاع البحر بواسطة مواسك؛ وهى بنات تتفرع من الجذع إلى الرواسب المحيطة وتعمل على ربط الحيوان بقاع البحر. والمدى الزمنى للزنبقيات يبدأ من الدور الأردوفيشى حتى العصر الحديث. وتنتشر بقاياها بوفرة

فى طبقات حقب الحياة القديمة. وغالبية الزنبقيات التى تعيش الآن من الهائمات ولا سوق لها *stemless*، وتسمى نجوم الريش "feather - stars".



شكل (١٣٥)

زنبقيات

١- الأجزاء الرئيسية. ب- أقراص جذعية.

شعبة الجلدشوكيات الهائمة Sub- phylum Eleutherozoa

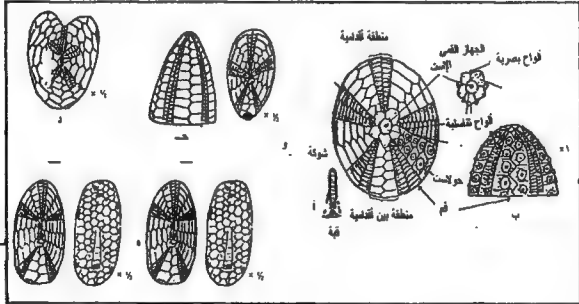
تعيش هذه الشعبة من الجلدشوكيات الهائمة غير مثبتة وتسبح بحرية على القاع. ولقد قسمت هذه الشعبة إلى ثلاث طوائف هي: طائفة النجميات *Stelleroidea* (الأسماك النجمية *starfishes*، والنجوم الهشة *brittle stars*)، وطائفة القنفذاتيات *Echinoidea* (قنافذ البحر *sea-urchins*)، وطائفة الخيارات *Holothuroidea* (خيار البحر *Sea-Cucumbers*). ومن بين هذه الطوائف الثلاث تعد القنفذاتيات أهمها من الناحية الحفرية.

• طائفة النجميات Class Stelleroidea

النجميات طائفة من الجلدشوكيات حرة الحركة ولها شكل نجمي، وتضم أشكالاً مالوفة مثل الأسماك النجمية starfishes والنجوم الثعبانية serpent stars أو النجوم الهشة. وبالرغم من علم وجود حفريات مفيدة بين هذه المجموعة، إلا أن مداها الجيولوجي طويل ويمتد من الدور الأردوفيشي حتى الحديث.

• طائفة القنفذيات Class Echinoidea

تضم هذه الطائفة مجموعة من الجلدشوكيات الهائمة غير المثبتة والتي تتكون أجسامها من ألواح جيرية عديدة وأشواك. ولا توجد في أفراد هذه الطائفة امتدادات متشعبة تشبه الذراع كما هو الحال في طائفة النجميات، لكن أجسامها تتخذ أشكالاً قرصية أو قلبية أو كمكية أو كروية (شكل ١٣٦) وتشمل



شكل (١٣٦)

القنفذيات

١- الأجزاء الرئيسية.

ب- *Cidaris* (منتظم جوراسي-طبلييري).

ج- *Conulus* (غير منتظم طبلييري).

د- *Micraster* (غير منتظم طبلييري).

هـ- *Echinocorys* (غير منتظم طبلييري).

و- *Clypeus* (غير منتظم جوراسي).

القنفذيات الحديثة أشكالاً مالوفة مثل قنفاذ البحر sea-urchins والقنفاذ القلبية heart-urchins .

وتتكون الدقة (الهيكـل الخارجى) فى القنفذيات من ألواح جيرية ملتحمة بعضها مع بعض بطريقة معقدة، وتضم الجزء الرخو للحيوان لتحميه . ويغطى الدقة من الخارج عدد وافر من الأشواك المختلفة الحجم التى تستخدم للمساعدة على الحركة وتدعيم الدقة وحمايتها . وتقسـم القنفذيات إلى رتبتين هما: القنفذيات المنتظمة أو المتظمات regularia، والقنفذيات غير المنتظمة أو غير المتظمات irregularia . والقنفذيات المنتظمة مستديرة الشكل وتوجد الإست anus فى المركز وتماثل الدقة شعاعى تماماً . وتوجد هذه الرتبة من الدور الأردوفاشى فصاعداً . ومن بين الأجناس التى تضمها هذه الرتبة:

Archaeocidaris, Cidaris, Echinus, Hemiciidaris, Melonechinus

وتفقد القنفذيات غير المنتظمة التماثل الشعاعى (نتيجة لتحرك الإست، وتحرك القم غالباً)، لكنها تظهر تماثلاً ثنائياً جانبياً ولا توجد غير المتظمات فى حقب الحياة القديمة، لكنها تستشر بوفرة فى صخور الدورين الجوراسى والطباشيرى، وتستخدم على نطاق واسع كحفرات نطاقية فى الطباشيرى وأشهر ثمانية أجناس من غير المتظمات هى:

Clypeaster, Conulus, Discoidea, Echinocorys, Holaster, Holoctypus, Micraster, Pygaster.

• طائفة الخيارات Class Holothuroidea

يتميز خيار البعـر بجسمه الذى يشبه الكيس أو ثمرة الخيار cucumber-shaped، ولا تحفظ الخيارات كحفرات نظراً لعدم وجود أجزاء صلبة فيها، باستثناء قضبان أو ألواح جيرية صغيرة تسمى العظيـمات ossicles . وقد سجل وجود هذه العظيـمات من قديم فى صخور الدور الكربونى . كذلك وجدت آثار أو أشكال تشبه خيار البحر من صخور الكمبرى الأوسط فى كنتا . ويشكل خيار البحر جزءاً بسيطاً من الحيوانات البحرية الموجودة حالياً .

• شعبة الحبليات Phylum Chordata

يتميز أعضاء هذه الشعبة بوجود جهاز عصبي متطور جدا، وبجسم تدعّمه عظام أو غضاريف أو عمود فقري spinal column. ومن بين شعبيات الحبليات العديدة، يهنا كمختصين في علم الحفريات، شعبيتين هما: نصف الحبليات Hemichordata (التي تضم الجرابوليتات المنقرضة)، والفقاريات (التي تشمل كل الحيوانات التي لها عمود فقري backbone).

- شعبة نصف الحبليات Sub-Phylum Hemichordata

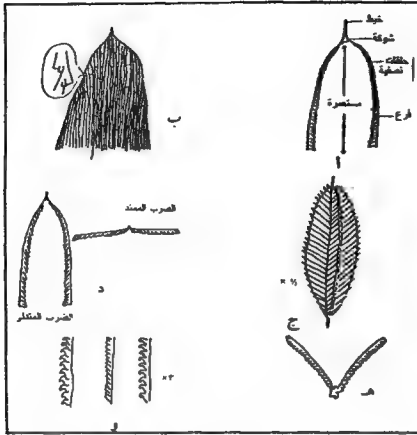
لا يوجد في شعبة نصف الحبليات عمود فقري حقيقي، ولكنها تتميز بوجود حبل ظهري notochord يمتد بطول الجسم. وتعد طائفة الجرابوليتينا هي المهمة من الناحية الباليولوجية.

• طائفة الجرابوليتينات Class Graptolithina

الجرابوليتينات مجموعة من الحيوانات المنقرضة التي كانت تعيش على هيئة مستعمرات colonial animals، وكانت منتشرة خلال حقبة الحياة القديمة المبكرة. وتتميز بهيكل خارجي كيتيني، يتكون من صفوف من كؤوس وأنايب تاروي الحيوان الحي، وهذه تنمو على طول سوق منفردة أو متفرعة (شكل ١٣٧) كانت تلتصق بالصخور أو بالأعشاب البحرية أو بأية أجسام غريبة. وكانت بعض الجرابوليتات تلتصق بالأجسام الطافية وهذا ساعد على أن يكون لها انتشار واسع. وتقسّم الجرابوليتينات إلى عدة رتب؛ أهمها رتبة الشجرانيات Dendroidea ورتبة Graptolitoidea الجرابوليتويدات.

وتعد الشجرانيات من الجرابوليتينات عديدة التفرع ولها ثلاثة أنماط من الأغلفة sheaths. وقد تتصلب الأفرع من الداخل بواسطة نسيج فاصل أو حاجز dissepiment. والمدى الزمني للشجرانيات يبدأ من الدور الكمبري حتى الدور الديفوني، ومن أكثر الأمثلة انتشارا:

Colonograptus, Callograptus, Dictyonema, Dendrograptus.



شكل (١٣٧)

الجرابيتوليتات

- ١- الأجزاء الرئيسية. *Dictyonema* (باليوزوى سفلى).
 ج- *Phyllograptus* (أردوفيشى).
 د- *Didemograptus* (أردوفيشى).
 هـ- *Dicellograptus* (أردوفيشى).
 و- *Monograptus* (سيلورى).

والجرابيتوليتات لها عدد أقل من الأفرع (فرع أو فرعين أو أربعة أفرع فى العادة) ولها أغلفة أقل عددا. وهى مميزة لصخور الدورين الأردوفيشى والسيلورى. وتضم هذه الجرابيتوليتات أجناسا شائعة كثيرة، نذكر منها:

Glimacograptus, Bryograptus, Dicellograptus

Cyrograptus, Didymograptus, Dicranograptus

Phyllograptus, Monograptus, Diplograptus, Retiolites, Rastrites,

ولقد كانت هناك شكوك حول الوضع التصنيفى لهذه الحيوانات التى وضعت فى التقسيمات القديمة على أنها من الهدريات Hydrozoa أو الفنجانيات

Scyphozoa أو الجرابتوزوات Graptozoa التى تنتمى إلى شعبة الجوفمعويات Coelentrata، لكن الدراسات الحديثة ترى أن الجرابتوليتات هى نوع من الحبليات المنقرضة.

وقد سجل وجود الجرابتوليتات فى صخور من الدور الكمبرى حتى الدور الكربونى، وهى مفيدة بصفة خاصة كحفريات مرشدة فى أنواع معينة من الطفلة السوداء من عصرى الأردوفيشى والسيلورى حيث تحفظ بقاياها عادة على هيئة آثار كربونية مبطلطة.

- شعبة الفقاريات Sub-Phylum Vertebrata -

تعد الفقاريات أكثر الأنواع تطوراً فى شعبة الحبليات، وتتميز بوجود جمجمة، وهيكـل داخلى من العظام أو الخضاريف وكذلك عمود فقري vertebral column عظمى أو غضروفى. وتنقسم هذه الشـعبة عامة إلى فرق طائفتين Superclasses هما الأسماك pisces وما يشبهها؛ وفوق طائفة ذوات الأربع Tetrapoda؛ بما فيها الثعابين التى لها أقدام آكلية ولا وظيفة لها.

وبالرغم من أن الجيولوجيين يقومون بالمضلة الحفرية paleontological correlations باستخدام الحفريات اللافقارية invertebrate fossils، إلا أن بقايا الفقاريات أمدتهم بمعلومات باليتولوجية مفيدة كتوا فى أشد الحاجة إليها. وبالإضافة إلى ذلك فإن حفريات فقارية مثل بقايا الدينوصورات dinosaurs والأسماك العملاقة giant fishes والمأموتات mammoths والنمور المسيفة الأسنان sabre-toothed tigers وغيرها، تعد من أكثر الحفريات تشويقاً ومن أكثرها إبهاراً.

• فوق طائفة الأسماك Superclass Pisces •

توصف فوق طائفة الأسماك بأنها أبسط أنواع الحيوانات الفقارية، وتضم حيوانات مائية حرة الحركة ومن ذوات الدم البارد cold-blooded وهذا يعنى أنها تحتفظ بدمها فى درجة حرارة الوسط المائى الموجودة فيه. ويتنفس معظم أعضائها عن طريق الخياشيم gills (باستثناء الأسماك التى تنفس عن طريق الرئة

والموجودة في أستراليا وأفريقيا) فهي حالات استثنائية شاذة، حيث تنفس بواسطة رئات بدائية تطورت عن المثانة الهوائية swim bladder. وفيما يلي وصف مختصر للطوائف الأربعة المعروفة في معظم التسميات الحديثة للأسماك:

• طائفة اللافتيات Class Agnatha

تضم هذه الطائفة الأسماك البدائية التي لا فكوك لها jawless، وتمثلها تلك الأشكال التي لا تزال موجودة مثل سمك الجلكا lamprey والجريت (السمك المقسترس) hagfishes. وكان أول ظهور اللافكيات ممثلاً بالجلد عظيمات ostracoderms، في الدور الأردوفيشي وانقرضت بنهاية الدور الديفوني، وكانت هذه الأسماك التي يعتقد أنها تمثل بداية ظهور الفقاريات، تتميز بوجود دروع عظمية تغطي جسدتها من الخارج.

• طائفة الأسماك العظمية للدرة Class Placodermi

تضم هذه الطائفة الأسماك الفكية البدائية jawed fishes ومعظم أفرادها مدرعة بدرجة عالية. وكانت هذه الأسماك تشبه القرش sharklike، وقد بلغ طول الواحدة منها ٣٠ قدماً. وقد ظهرت لأول مرة في الدور السيلوري ثم انقرضت مع نهاية الدور البرمي.

• طائفة الأسماك الغضروفية Class Chondrichthyes

يتميز أعضاء هذه الطائفة بهيكل غضروفي، ومن أمثلتها القروش sharks، والسمك المقلطح الطويل الذيل skates، وسمك الراي (الشَّغْنين البحري) ray. وقد ظهرت أفراد هذه الطائفة في الدور الديفوني واستمرت موجودة حتى وقتنا هذا. وتنتشر حفريات أسنان القرش fossil shark teeth (شكل ١٣٨)، في



شكل (١٣٨)
أسنان قرش متحجرة

صخور معينة لتكاوين حقب الحياة المتوسطة والحديثة، فمثلا وجدت في بريطانيا في صلال بارتون من عصر الإيوسين في منطقة هامباير.

• عائلة الأسماك العظمية Class Osteichthyes

تمثل هذه الطائفة الأسماك العظمية الحقيقية وهي أكثر أنواع الأسماك تطورا وانتشارا، وتتميز في شكلها النموذجي بفكوك مستطوة وهيكل عظمي داخلي ومثانة هوائية وكذلك بقشور متراكبة تغطي سطحها الخارجي.

وتوجد بقايا الأسماك المتحجرة في العادة على شكل أسنان وعظام وحراشيف scales أحيانا مع هيكل محفوظ. والمدى الزمني لهذه الأسماك العظمية من الدور الديفوني حتى العصر الحديث.

وتسمى الحفريات التي تشبه الأسنان ولها لون الكهرمان باسم كونودونت *conodonts* (شكل ١٣٩)، ويعتقد أنها تمثل الجزء الصلب لأنماط معينة من الأسماك المقرضة. وبالرغم من عدم تأكد علماء الحفريات من طبيعة الحيوان الذي تمثله هذه الحفريات القسرية، فإن حجمها الصغير ومناها الاستراتيجرافى المحدود يجعلها من الحفريات الدقيقة المفيدة. وقد ظهرت في الدور الديفوني مجموعة الكروسويتيرجيان *crossopterygians* وكانت لها زعانف تشبه الفصوص، وكان من بينها الكولاكانثات *coelacanth*. وكان يعتقد أن هذه المجموعة قد انقرضت منذ ٧٠ مليون سنة، إلا أنه في عام ١٩٣٨ اصطياد فرد من الكولاكانثات من مضيق موزمبيق بأفريقيا الجنوبية، ومنذ ذلك التاريخ عثر على عدد قليل من العينات والتي حفظت جيدا.

شكل (١٣٩)
كولاكانثات



• فوق طائفة ذوات الأربع Superclass Tetrapoda

تمثل هذه الطائفة أرقى أنواع الحليات، وتتميز بأن لها رئات، ولها قلب يتكون من ثلاث أو أربع حجرات. كما أن لها أطراف مزدوجة paired appendages. وتقسم ذوات الأربع إلى أربع طوائف هي طائفة البرمائيات (الأمفibia) Amphibia (الضفادع frogs وضفادع الطين toads والسلمندر salamanders)، وطائفة الزواحف Reptilia (السحالي lizards والثعابين snakes والسلاحف turtles)، وطائفة الطيور Aves، وطائفة الثدييات Mammalia (الثدييات مثل الإنسان والكلاب والخفافيش bats والحيتان whales).

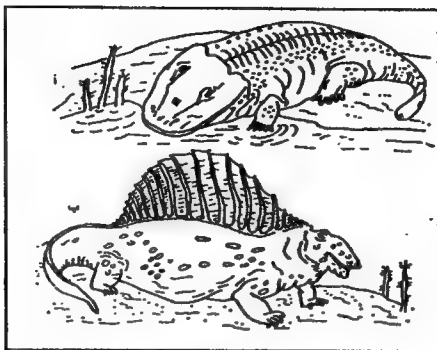
• طائفة البرمائيات Class Amphibia

من أمثلة البرمائيات المنتشرة الضفادع والسلمندر، وهي من ذوات الدم البارد وتنفس أساسا بواسطة الرئة، وتقضي معظم حياتها على البر، لكنها تعيش في الماء خلال المراحل المبكرة لتطورها، حيث تنفس بواسطة الخياشيم gills.

وتعد البرمائيات أول الحيوانات رباعية الأقدام التي تطورت وظهرت في الدور الديفوني المتأخر، وتنتشر حفرياتها بوفرة نسبيا في صخور أدوار الكربوني والبرمي والترياسي (شكل ١٤٠). وقد خطت البرمائيات خطوة عظيمة بفزوها البر، لكنه كان عليها أن تعود إلى الماء لتضع بيضها. وفيما بعد، عادت بعض أشكالها لتعيش في الماء بصفة دائمة. إن قدرة الحيوان على وضع بيض له قشرة، تتطلب إخصابا داخليا، وقد تحقق ذلك في أحلاف البرمائيات من الزواحف. وتوجد بعض الأشكال تجمع بين خصائص البرمائيات والزواحف معا، وهذا أمر يجعل من الصعب وضعها في أي من المجموعتين.

• طائفة الزواحف Class Reptilia

تطورت الزواحف عن البرمائيات وتأقلمت على الحياة الدائمة فوق البر. ولم تعد في حاجة إلى الاعتماد على البيئة المائية، وهي من ذوات الدم البارد، وتتميز عادة بجلد ذي حراشيف. وفي الأزمنة القديمة، كانت الزواحف مشرة أكثر مما هي عليه في الأزمنة الحالية. وكانت لها أشكال وأحجام مختلفة عبر الماضي الجيولوجي.



شكل (١٤٠)

برماليات

ب- ديمترودون *Dimetrodon* (برمي).

١- إيروبوس *Eryops* (برمي).

وتضم التصنيفات الحديثة للزواحف عددا كبيرا من الرتب، لكننا في هذا الكتاب سنذكر وصف أهم هذه الرتب باختصار:

- الكوتيلوسورات *Cotylosaurs*

هذه زواحف بدائية، وبالرغم من احتفاظها ببعض صفات البرمائيات، إلا أنها تأقلمت على للعيشة في البر بصفة مطلقة. وعاشت هذه الرتبة خلال الدورين الكربوني والبرمي، وانقرضت خلال الدور الترياسي.

- السلاحف *Turtles and Tortoises*

أجسام هذه السلاحف مغطاة بكاملها بالواح عظمية، وملهاا الجيولوجي من الدور الترياسي المتأخر حتى الآن، ولو أن هناك دليلا مشكوكا في صحته عن وجود زواحف تشبه السلاحف في الدور البرمي، وكانت هناك سلاحف من حقب الحياة الحديثة بلغ طول الواحدة منها ثلاثة أو أربعة أقدام. وهناك سلاحف مؤكدة من الدور (العصر) الطباشيري بلغ طول الواحدة منها اثنا عشرة قدما.

- الزواحف الشراعية Pelycosaurs

هذه مجموعة من زواحف حقبة الحياة القديمة المتأخر، وكان بعضها يتميز بوجود زعنفة تشبه الشراع على الظهر.

- الزواحف شبيهة الثدييات Therapsids

تضم هذه الرتبة مجموعة من الزواحف التي تشبه الثدييات والتي تأقلمت على المعيشة في البر. وبالرغم من عدم أهمية هذه الرتبة من الناحية الحفرية، لكن دراسة بقاياها أمدتنا بمعلومات كثيرة عن أصل الثدييات. والمدى الجيولوجي لهذه الرتبة يمتد من منتصف الدور البرمي حتى منتصف الدور الجوراسي.

- الزواحف السمكية Ichthyosaurs

هذه رتبة من الزواحف البحرية كانت تسمى عظامها (سحالي) السمك وكانت لها رقبة قصيرة وكانت تشبه الأسماك في مظهرها، وهي تناظر الدلافين الحديثة، وقد بلغ طول بعض منها ٢٥ إلى ٣٠ قدما، لكن معدل طول الواحد منها يقل عن ذلك بكثير. وقد ظهرت الزواحف السمكية لأول مرة في منتصف الدور الترياسي وانقرضت في نهاية الدور الطباشيري.

- الموزاصورات Mosasaurs

هذه مجموعة أخرى من السحالي البحرية المتقرضة وقد وصل طول الواحدة منها ٥٠ قدما، ويستدل على أنها من أكسالات اللحوم من الفم الواسع المملوء بالأسنان والفكوك. وعاشت هذه الزواحف العملاقة خلال الدور الطباشيري فقط.

- البليسيوصورات Plesiosaurs

كانت البليسيوصورات من الزواحف البحرية التي تتميز بجسم عريض يشبه جسم السلحفاة وزعانف تشبه المجاديف، ورقاب واقناب طويلة. وبالرغم من أن هذه الزواحف لم تكن مهيأة للسباحة مثل الزواحف السمكية أو الموزاصورات، إلا أن رقبائها الطويلة التي تشبه الثعبان كانت مفيدة بما فيه الكفاية لكي تقبض بها على الأسماك والحوانات الصغيرة التي تأكلها. والمدى الزمني الذي توجد فيه بقايا البليسيوصورات من منتصف الدور الترياسي حتى الدور الطباشيري المتأخر.

- الزواحف التماساحية Phytosaurs

هى مجموعة من الزواحف التى تشبه التماسيح والتى كان يتردد طول الواحد منها بين ستة أقدام وعشرين قدما. وبالرغم من تقارب شكلها مع التماسيح وكذلك تشابه طريقة حياتهما، إلا أن هذا التشابه يعد سطحيا (ظاهريا) فقط، حيث إنهما من مجموعتين مختلفتين من الزواحف. وقد عاشت الزواحف التماساحية خلال الدور الترياسى فقط .

- التماسيح و التماسيح أميركا Crocodiles And Alligators

أقلمت الزواحف التى تنتشر فى الأرملة المعاصرة نفسها بنفس الطريقة التى سبقت إليه الزواحف التماساحية phytosaurs . وكانت التماسيح crocodiles و تماسيح أمريكا alligators أكبر وأضخم حجما وأكثر انتشارا خلال الدور الطباشيرى مما هى عليه فى عالم اليوم. وقد ظهرت التماسيح لأول مرة. فى الدور الطباشيرى، وظهر تمساح أميركا alligator فى الدور الثالث Tertiary Period.

- الزواحف الطائرة Pterosaurs

كانت هذه زواحف من حقب الحياة المتوسطة وكانت لها أجنحة طويلة تشبه أجنحة الخفافيش، وكانت تدعم هذه الأجنحة أذرع وأصابع طويلة رقيقة (شكل ١٤١) وهذه الزواحف الطائرة كانت مهيأة للعيش فى الهواء (طائرة) وقد مكنتها خفة أجسامها وأجنحتها العريضة المقطلة بالجلد من القدرة على الطيران، وساعدتها



شكل (١٤١)

بتيروصور، زاحف طائر، *Rhamphorynchus*

(جوراسى)

فى الحركة والارتلاق glide فى الهواء لمسافات كبيرة . وكان أول زاحف طائر قد جُمع من صخور الجوراسى الأسفل، وانقرضت هذه المجموعة بتهاية الدور الطباشيرى. وفى خلال الدور الطباشيرى بلغ طول انتشار أجنحة أنواع هذه الحيوانات إلى ٢٧ قدما، لكن أجسامها كانت ضئيلة (صغيرة) وخفيفة.

•الدينوصوراتDinosaurs

يطلق اسم الدينوصورات (وهو مصطلح جامع collective term) ويعنى السحالى المربعة terrible lizards على مجموعة من الزواحف التى سادت الحياة فى حقبة الحياة المتوسطة لفترة ١٦٥ مليون سنة تقريبا. وكانت هذه المخلوقات الغريبة ذات أحجام متباينة، ترددت أطوالها بين أقدام قليلة إلى ٨٥ قدم، وكانت أوزانها تردد أيضا بين أرتال قليلة إلى أطنان عديدة وربما بلغت الواحدة منها ٤٥ طنا فى الوزن. وكانت بعض الدينوصورات من أكلة اللحم carnivorous، لكن معظمها كان من أكلة النباتات herbivorous. وكانت بعض أشكالها من ذوات القدمين bipedal (تمشى على أطرافها الخلفية) بينما كان البعض الآخر من ذوات الأربع Quadrupedal (يمشى على أربعة أرجل). وبالرغم من أن معظم الدينوصورات كانت تعيش على البر، إلا أن بعض أنواعها كانت تعيش فى الماء أو فى بيئة شبه مائية semiaquatic.

وقد صفت الدينوصورات فى رتبتين على أساس بنية عظام الفخذ، وهما: رتبة زوريشيا Saurischia (ويكون فيها الزنار الحوضى pelvic girdle مشابها لمثيله فى السحالى ورتبة أورنيثيشيا Ornithischia التى يكون فيها الزنار الحوضى مشابها لما فى الطيور.

-الدينوصورات الزوروشيةSaurischian Dinosaurs-

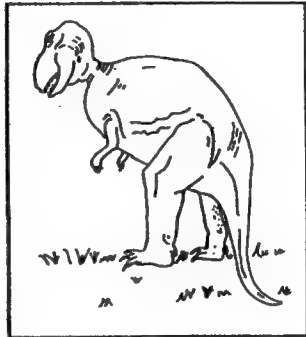
كانت هذه الدينوصورات واسعة الانتشار بصفة خاصة فى الدور الجوراسى، وكانت تتميز بأن عظام الفخذ hip-bones فيها تشبه تلك التى للسحالى الحديثة. وقد اكتشفت هذه الدينوصورات لأول مرة فى صخور الدور الترياسى، ولم تنقرض حتى تهاية الدور الطباشيرى. وتقسم رتبة الدينوصورات الزوروشية (عظام

الورك فيها تشبه تلك التي في السحالي) إلى رتيبتين متخصصتين specialized suborders هما:

- أ- رتية ثيروبودا Suborder Theropoda وهي دينصورات ذات قدمين من آكلات اللحوم وذات أحجام متباينة.
- ب- رتية سوروبودا Suborder Sauropoda، ويمتاز أفرادها بوجود أربعة أقدام وأنها من آكلات العشب، وتعد حيوانات شبة مائية وقد من الدينصورات المعلاقة.

- الثيروبودات Theropods

هذه الدينصورات كانت تمشي على أطرافها الخلفية مثل الطيور، وكانت من آكلات اللحوم، وكان بعضها ذا حجم ضخم جدا، وكانت بدون شك حيوانات شرسة مفترسة، وقد استدل على ذلك من بعض الخصائص مثل الأطراف الأمامية الصغيرة ذات الخالب الحادة لإمساك وتمزيق اللحوم وكذلك من الفكوك الكبيرة القوية التي كانت مسلحة بأسنان حادة عديدة، وكان أضخم أنواع الثيروبودا هو *Tyannosaurus rex*



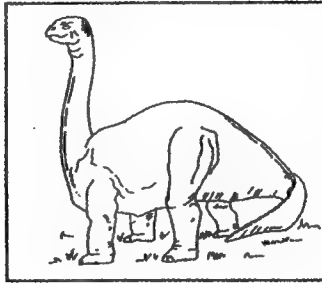
شكل (١٤٢)

تيرانوسوروكس *Tyannosaurus rex*
من آكلات اللحوم في الطليخيري

الذي كانت تصل قامته إلى ارتفاع عشرين قدما حين يكون الحيوان واقفا على طرفيه الخلفيين - (شكل ١٤٢)، وقد بلغ طول بعض الأنواع من هذه الدينصورات ٥٠ قدما. ويعتقد أن هذا الشكل من الدينصورات كان من أكثر الحيوانات التي عاشت على الأرض وحشية ولقتراسا.

- السوروبودات Sauropods

تضم السوروبودات أضخم الدينوصورات، بعض منها مثل بروتوصور *Brontosaurus* (شكل ١٤٣) الذي كان يصل طوله إلى ٨٥ قدما، ومن المحتمل أنه كان يزن ٤٠ إلى ٥٠ طنا. وكانت هذه الدينوصورات من آكلات العشب، وقد تأقلمت للمعيشة في البيئات المائية aquatic وشبه المائية semi-aquatic ومن المحتمل أنها عاشت في البحيرات والأنهار والمستنقعات.



شكل (١٤٣)

Brontosaurus

دينوصور من حقب الحiele المتوسطة

- الدينوصورات الثنقارية Ornithischian Dinosaurs

تسمى هذه الدينوصورات وهى من آكلات العشب باسم الدينوصورات ذات ورك الطير bird-hipped. وكانت متباينة فى أشكالها وحجومها، ويبدو أنها كانت أكثر تطورا من الدينوصورات الزوروشية saurischian dinosaurs وتضم هذه المجموعة الدينوصورات التى لها منقار مثل البط duck-billed (رتيبة المتقاريات suborder Ornithopoda) والدينوصورات حاملة الألواح plate bearing (رتيبة مستيجوسوريا suborder Stegosauria، والدينوصورات المدرعة

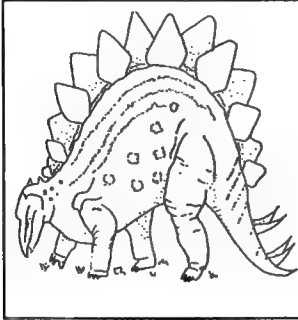
armoured dinosaurs (رتبة أنكيلوصوريا Suborder Ankylosauria) وكذلك
الدينوصورات المقرنة (رتبة سيراتوبسيا suborder Ceratopsia).

- الدينوصورات المنقارية Ornithopods

كانت هذه الدينوصورات غير عادية، وكانت من ذوات القدمين وتعيش في
بيئة شبه مائية semiaquatic، وكانت من نط خاص؛ مثل Trachodon (دينوصور
له منقار مثل منقار البط).

- ستيجوصورز

Stegosaurs



شكل (١٤٤)

ستيجوصور Stegosaurus دينوصور منقر الظهر

كانت هذه الدينوصورات
من أكلات العشب وذات أربعة
أقدام . وكانت تبرز من ظهر
الحيوان ألواح ضخمة على امتداد
الظهر ونوءات شوكية ثقيلة على
الذيل . ويعد ستيجوصور من
الاشكال الدينوصورية حاملة
الالواح، وكانت تميز الدور
الجوراسي (شكل ١٤٤). وكان
هذا الحيوان الضخم يزن عشرة
أطنان وطوله حوالى ٣٠ قدما،
وكان ارتفاعه حوالى عشرة أقدام
إذا كان واقفا.

وكانت هذه الدينوصورات تتميز بصفين من الألواح الضخمة الثقيلة التى
تبرز من ظهورها، وكانت هذه الألواح تبدأ من خلف جمجمة الحيوان وتنتهى
قرب نهاية الذيل . وكان الذيل مجهزا بأربع أو أكثر من الأشواك المنحنية ربما كانت
تستخدم فى أغراض الدفاع . وكان للحيوان جمجمة صغيرة يوجد فى داخلها مخ

الحيوان الذى كان فى حجم حية عين الجمل ويعتقد أن هذا الدينوصور وكذلك كل الدينوصورات الأخرى كانت محدودة الذكاء للغاية.

- أنكيلوصور Ankylosaurs

كانت هذه الدينوصورات من زواحف الدور الطباشيرى وذات أربع أقدام ومن آكلات النباتات، وكانت تتميز بأن أجسامها مسطحة نسيًا، وكانت جمجمة الحيوان وظهره مدرّعان بعظام لحماية - وكان ذيله على هيئة صولجان club، ومسلحًا بزوائد شوكية - وكانت لهذا الأنكيلوصور أشواك تخرج من جوانب الجسم والذيل. وقد ساعدت الأشواك اللوحية التى تدرع الظهر وكذلك الذيل الثقيل الذى يشبه الصولجان على حماية الحيوان كبرًا من الدينوصورات المفترسة آكلة اللحوم .

- الدينوصورات المقرنة Ceratopsians

هذه الدينوصورات تكون مجموعة أخرى من الدينوصورات التى عاشت فى الدور الطباشيرى فقط. وكانت لهذه الحيوانات آكلة الأعشاب فكوك تشبه مناقير الطيور الجارحة، ورقبة عظمية طويلة تمتد إلى الخلف من الجمجمة وكذلك كان لها قرن أو أكثر.

وكان جنس *Triceratops* هو أضخم الدينوصورات المقرنة. وقد بلغ طول بعضها ٣٠ قدمًا، وقد بلغ طول الجمجمة ثمانية أقدام مقيسة من قمة المنقار الذى يشبه منقار الببغاء حتى مؤخرة درع العنق.

••• صفات الطيور Class Aves

نظرا لطبيعة أجسام الطيور الرقيقة، فإنه من النادر العثور على بقاياها كحفريات. ومع ذلك فقد عثر على حفريات مهمة لبعض الطيور. وكان أقدم هذه الحفريات هى تلك التى وجدت فى صخور الجوراسى المتأخر فى ألمانيا، وقد سميت أركيوبتيروكس *Archaeopteryx*. وكان هذا الطائر البدائي أقرب أن يكون راحيًا ذا ريش من أن يكون طائرًا، وكان فى حجم الحمامة، وكان له ذيل يشبه السحلية ومنقار ذو أسنان. كذلك كانت له صفات مؤكدة معينة تخص الزواحف.

وقد طرأت تفسيرات عديدة على الطيور خلال الدور الطباشيري، ومعظم الطيور التي تعيش اليوم كانت قد ظهرت بنهاية الدور الثالث Tertiary.

• طائفة الثدييات Class Mammalia

تعد الثدييات أكثر الفقاريات تطورا، فهي تولد حية وتتغذى على اللبن من ثدي أمها. وهي مخلوقات تنفس الهواء، ومن ذوات الدم الحار warm-blooded، وتتميز بوجود شعر لحمايتها (هذه الصفات هي أهم ما يميز الثدييات، لكن هناك استثناءات في ثدييات معينة).

والثدييات التي ظهرت لأول مرة في الدور الجوراسي يحتمل أنها نشأت (تطورت) عن شكل من أشكال الزواحف الشبيهة بالثدييات، وكانت الثدييات نادرة خلال حقبة الحياة المتوسطة، لكنها تطورت سريعا وزادت أعدادها بوفرة خلال حقبة الحياة الحديثة (الكينوزوي)، حينما صارت بعض أشكال الثدييات كبيرة للغاية واتخذت أشكالاً غريبة. وتعرضت معظم هذه الأشكال إلى الانقراض المبكر، لكن حفرياتها التي بقيت معروفة تدل عليها. ويوجد شكلان من الأشكال البدائية للثدييات لا يزالان يعيشان حتى الآن، وهما: الثدييات أحادية المسلك Monotremes (مرتبة دنيا من الثدييات أجهزتها التناسلية والبولية والهضمية لها مخرج واحد). والثدييات الجرابية (ذات الجراب) Marsupials.

ومن المحتمل أن تكون الثدييات وحيدة المسلك قد نشأت في الدور الجوراسي وكان لها الكثير من صفات الزواحف؛ فكانت مثلاً هي الثدييات الوحيدة التي تضع بيضا وكانت تغذى صغارها باللبن الذي كانت تفرزه غدة عرقية متحورة sweat glands، وهي التي أصبحت فيما بعد ثدي الإناث في الثدييات. وحالياً يقتصر وجود الثدييات وحيدة المسلك في أستراليا حيث يمثلها حيوان البلاتيبوس platypus (وهو حيوان مائي ثديي يبيض ومتقاربه كمنقار البط)، وكذلك حيوان شوكي من أكلة النمل spiny anteater.

أما الثدييات الجرابية Marsupials فقد ظهرت لأول مرة في الدور الطباشيري، حيث كانت تشبه حيوان الأيوسوم opossum (حيوان يوجد في أميركا وهو من ذوات الجراب يتظاهر بالموت عندما يحدق به الخطر). وأهم صفات

هذه الحيوانات أنها تضع صفاراً حياً ناقصة النمو تكمل مرحلة طفولتها ملتصقة بحلمات اللبن milk teats التي توجد في جراب الأم. وتوجد النمر المسيفة الأسنان بأنواعها في الكائنات، لكن أعدادها تناقصت تدريجياً وقل تنوع أشكالها. وفيما عدا أستراليا، فإن الحيوان الجرابي الوحيد الذي يعيش حتى الآن هو الأبوم الأمريكي. وفي أستراليا يعد حيوان الكنغر kangaro هو أشهر حيوان جرابي. وتوجد أشكال أخرى من هذا الثدي الجرابي مثل دب الكوالا koala bear وحيوان الولايب wallaby (الكنغر الصغير) الذي يوجد في غابات أستراليا، وكذلك حيوان الوومبَت wombat (حيوان أسترالي من ذوات الجراب شبه دب صغير). وهناك حيوانات أقل شهرة مثل البنديكوت bandicoot (الفأر الهندي الضخم)، والذئب التسماني Tasmanian wolf وهو حيوان من آكلات اللحوم. ومعظم الثدييات تتبع طويضة المشيميات subclass theria التي تضم الحيوانات ذات المشيمة placental animals (التي تلد صفارها في حالة متقدمة نسبياً من التطور).

طويضة المشيميات Subclass Theria

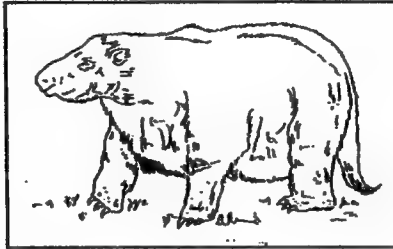
عرفت المشيميات لأول مرة في الدور الجوراسي، وتضم أكبر مجموعات الثدييات التي تعيش الآن. والمشيميات يحدث لها نمور كبير قبل ولادتها؛ وعند ولادتها تكون مشابهة لأبائها وقد قسمت هذه الطويضة إلى عدة رتب، وسوف نذكر هنا أكثر الرتب أهمية:

رتبة عديمة الأسنان Order Edentata

هي مجموعة من الثدييات البدائية وتمثلها بعض الأنواع التي تعيش حتى الآن مثل المدرع armadillos (حيوان ثديي، لرأسه وجسمه درع من الصفائح العظمية الصغيرة يستطيع أن ينكمش فيه على صورة كرة إذا ما هوجم أو خشي الأذى)، وكذلك حيوان الكسلان tree sloths، وحيوان أكل النمل ant-eater.

وكانت أعضاء هذه الرتبة متشرة في أمريكا الشمالية والجنوبية في أزمنة البليستوسين واليوسين Pleistocene and Pliocene. وتوجد حفريات حيوانات

رتبة عديمة الأسنان في صخور معينة تتبع الكاينوزوى . ومن هذه الأشكال *Myiodon* (شكل ١٤٥) . وهو أحد الحيوانات الأرضية الكسولة العملاقة المنقرضة ، وكانت هذه الحيوانات ثقيلة الوزن للغاية وكان يصل ارتفاع بعضها إلى خمسة عشر قدما إذا كان واقفا . وهذه كانت أسلاف حيوانات الكسلان الشجرى الموجودة حاليا في أميركا الجنوبية .



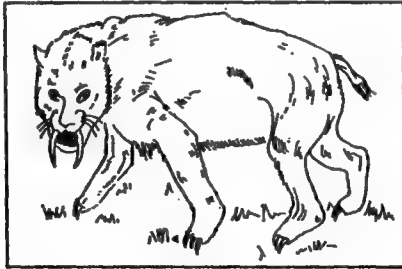
شكل (١٤٥)

ميلايدون *Myiodon* من العجب العملاقة

هناك مجموعة أخرى من اللامنيات العجيبة *edentates* وتسمى الجلبتودونتا *Glyptodonts* ، وهي أسلاف حيوان المدرع *armadillos* الذى يعيش الآن والذى عاش لنفس الفترة الزمنية مثل حيوان الكسلان الأرض *ground sloths* ومن الأمثلة النموذجية لهذه المجموعة التى تميز دور البليستوسين *Pleistocene* حيوان جلبتودون *Glyptodon* ، وكان يشبه حيوان المدرع وكانت له درقة تشبه درقة السلحفاة . وكان لارتفاع بعض الدرقات يصل إلى أربعة أقدام . وقد وصل طول بعض أفراد هذه المجموعة إلى خمسة عشر قدما (مقياسا من الرأس المغطاة بالعظام حتى نهاية الذيل) ، وكانت توجد حلقات عظمية فوق الذيل الثقيل السميك ، وفى بعض الأنواع ، كانت نهاية الذيل متحورة إلى صولجان عظمى كثير التواءات الشوكية .

- رتبة آكلات اللحوم Order Carnivora -

آكلات اللحوم هي ثدييات تتميز بأقدام ذات مخالب مهسية لتمزيق وتقطيع اللحوم، وكانت أولى آكلات اللحوم مجموعة قديمة من الحيوانات أطلق عليها اسم، كريودونتا *creodonts*، وهي مجموعة عاشت لحقبة قصيرة، وكان أول ظهورها في حقبة الباليوسين، وانقرضت بنهاية دور الإيوسين. وبلغت أفراد هذه المجموعة حجوما مختلفة، ترددت بين حجم ابن عرس *weasel* وحجم الدب الضخم، وكانت لها مخالب حادة متطورة للغاية. جاءت بعد آكلات اللحوم المبكرة، مجموعة أخرى من آكلات اللحوم المتخصصة التي تطورت خلال الزمن الكاينوزوي *Cainozoic*، وبعض أمثلتها النمر المسيف الأسنان *Smilodon* (شكل ١٤٦) وكذلك الذئب الرهيب *Canis dirus*.



شكل (١٤٦)

سميلودون *Smilodon*

نمر مسيف الأسنان

- رتبة كاملة الأسنان Order Pantodonta -

تعرف هذه الثدييات بأنها كانت بملانية ومن آكلات النباتات وكانت لها أظلاف، وتميزت بهيكل ثقيل وبأطراف قصيرة قوية وأقدام مفرشحة ثقيلة الحركة وقد ظهرت هذه الرتبة لأول مرة خلال الباليوسين وانقرضت بنهاية دور الأوليجوسين.

- رتبة دينوسيراتا Order Dinocerata

تضم هذه الرتبة مجموعة من الثدييات العملاقة المنقرضة، وتسمى بصفة عامة الونتاثيرات Uintatheras. ويوجد مثال جيد يمثل هذه المجموعة هو وونتاثيريوم Uintatherium، وكانت له ثلاثة أزواج من القرون غير الحادة، وللذكور فقط أنياب علوية تشبه الخناجر. وكانت بعض أفراد هذه المجموعة كبيرة في حجم الفيل الصغير، وكان ارتفاعها وهي واقفة يصل إلى سبعة أقدام عند كتفها. ويدل حجم مخ الحيوان بالنسبة إلى حجم جسمه، على أن هذه الحيوانات لم تكن على درجة من الذكاء تقارب ذكاء معظم الثدييات. وقد عرفت هذه الرتبة من الثدييات في صخور يمتد عمرها من الباليوسين إلى دور الإيوسين.

- رتبة الخرطوميات Order Proboscidea

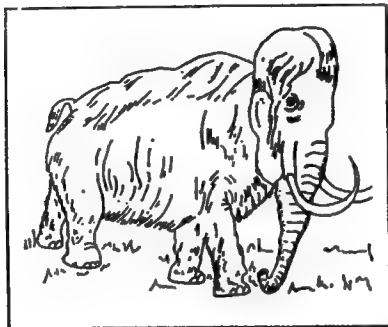
جُمعت بقايا الخرطوميات الأولى؛ الفيل وأقاربه، من صخور الإيوسين العلوى في أفريقيا. وكانت الأشكال الأولى لهذه الحيوانات في حجم فيل صغير من أفيال العصر الحديث، لكن الرأس كان أكبر والخرطوم كان أقصر.

ويتميز تطور الخرطوميات بالزيادة في حجمها، والتغير في بنية الجمجمة والاسنان، واستطالة الخرطوم. وهناك مثالان جيدان من الخرطوميات هما الماموث Mammoth والماستودون Mastodon، وكلاهما عاش في أوروبا (بما في ذلك بريطانيا)، وأمريكا الشمالية وسيبيريا وجنوب أفريقيا وذلك في أرمئة البليستوسين.

ويشبه الماستودون الفيل، لكنهما يختلفان في بنية الاسنان. وبالإضافة إلى ذلك، فإن جمجمة الماستودون كانت أكثر انخفاضاً من جمجمة الفيل وكانت أنيابه أكبر. وقد بلغ طول الماستودون تسعة أقدام.

وكانت هناك أنواع عديدة من الماموثات Mammoths، ولعل أشهرها هو الماموث الصوفى (كثير الوبر) Woolly Mammoth، وقد عاش هذا الحيوان حتى نهاية دور البليستوسين، وقد عرف هذا الماموث (مثل حيوان وحيد القرن rhinoceros) من الرسوم التي وجدت على جدران الكهوف القديمة ومن البقايا المتجمدة في الجليد. وتدل المعلومات التي توافرت من هذه المصادر أن هذا الحيوان

الحيوان الكبير كان جلده مغطى بشعر أسود طويل يوجد بأسفله وبر صوفى (شكل ١٤٧). ويوجد حاليا نوعان فقط من الخرطوميات هما الفيل الأفريقي والفيل الهندي.



شكل (١٤٧)

ماموت كثير الوبر كامل، من الثدييات البليستوسين

- رتبة فردية الحوافر Order Perissodactyla

فرديات الحوافر حيوانات ثديية تنضخم فيها الإصبع الوسطى فى كل طرف بشكل كبير، ومن الأمثلة الحالية لهذه الرتبة الحصان والخرتيت rhinoceros والتابير tapir (حيوان أميركى استوائى شبيه بالخرتير). وهناك حيوانات تنبع هذه الرتبة لكنها انقرضت ومنها: التيتانوثير titanothere، والكاليكوثير chalicotheres، والبالوكيثير baluchitheres، وقد تضخمت أجسامها بشكل هائل وأصبحت لها هيئات غير عادية.

الخيول Horses

كان سلف الحصان الحالي أحد أفراد الثدييات فردية الحوافر، وأطلق عليه اسم Hyracotherium، ويسمى أيضا Eohippus. وكان هذا الحيوان صغير الحجم

يبلغ ارتفاعه قدما واحدا، وتدل أسنانه على أنه كان يتغذى طعاما خفيفا. وتدل السلسلة الطويلة من حفريات الخيول والمعلومات القيمة التي توافرت من هذه الحفريات على تاريخ هذه المجموعة المهمة من الحيوانات التي تلت أول حصان ظهر في التاريخ الجيولوجي.

• التيتانوثيريات Titanotheres

ظهرت هذه المجموعة من الحيوانات لأول مرة في دور الإيوسين، وكانت في ذلك الوقت في حجم الحراف، لكنها تضخمت لتصبح عملاقة في منتصف دور الأوليجوسين، أما مخها فكان لا يزال بدائيا. ويتشابه برونثوثيريوم *Brontotherium* مع الحرتيت *rhinoceros* تشابها بسيطاً، لكن طوله كان حوالي ثمانية أقدام عند الأكتاف. وقد برز عظمى كبير من الجمجمة وامتد على هيئة قرن مبطل متقسم عند القمة.

وبالرغم من أن التيتانوثيريات طرأت عليها تطورات سريعة خلال الدور الثالث المبكر، إلا أنها انقرضت خلال منتصف دور الأوليجوسين.

• الكاليكوثيريات Chalicotheres

كانت الكاليكوثيريات تشابه بطريقة ما مع التيتانوثيريات، لكنها كانت لها صفاتها الخاصة بها، فكان الرأس والرقبة في جنس *Moropus* وهو من أفراد الكاليكوثيريات النموذجية، يتشابه كثيرا مع رأس ورقبة الحصان، لكن الأرجل الأمامية كانت أطول من الأرجل الخلفية. وكانت الأقدام تشبه أقدام الحرتيت فيما عدا أنه كانت بها مخالب طويلة بدلا من الحوافر. وقد ظهرت الكاليكوثيريات لأول مرة في دور الميوسين واستمرت حتى دور البليستوسين، وأغلب الظن أنها لم تكن أبدا وفيرة العدد.

• الغرافيت Rhinoceroses

الحرتيت هو أيضا من الحيوانات الفردية الحوافر، وتوجد حفريات كثيرة مهمة ومعروفة لهذه المجموعة. والحرتيت الصوفي *woolly rhinoceros* كان من حيوانات البليستوسين وكان له قرنان *two-hornes* وكان موجودا في جنوب فرنسا

حتى شمال شرق سيبيريا. وهو معروف جيدا من جثته التي اكتشفت في التندرا المتجمدة في سيبيريا، وكذلك من البقايا التي وجدت محفوظة في نر بترولي في بولندا. هذه العينات، بالإضافة إلى الرسوم التي وجدت في الكهوف والتي رسمها الإنسان الأول، أعطت صورة كاملة وسجلا دقيقا لهذا المخلوق. وقد وجدت حفريات الحراثيت في صخور عمرها الجيولوجي بين الأوليجوسين الأوسط والبليوسين المتأخر.

• بالوكثيريوم Bolachitherium

هذا هو أضخم حيوان برى من الثدييات، وكان خرتيتا هائل الحجم لا قرون له، عاش في الأوليجوسين المتأخر وفي بداية الميوسين. وقد بلغ طول هذا المخلوق الجبار ٢٥ قدما من الرأس إلى الذيل. وبلغ ارتفاعه حتى الكتفين وهو واقف ثمانية عشر قدما، ويبدو أن وزنه كان عدة أطنان، وأن موطنه كان محددا في وسط آسيا.

• رتبة مزدوجة الحوافر Order Artiodactyla

تشمل هذه الرتبة الحيوانات الثديية ذات الحوافر المزدوجة العدد وتضم اشكالا مألوفة مثل الخنازير والجمال والغزلان، والماعز والغنم، وفرس النهر hippopotamus، وهي مجموعة كبيرة ومتنوعة من الحيوانات، لكن بنياتها التشريحية الأساسية للأسنان والأطراف توضح أن هناك روابط بين الأشكال بعضها ببعض. وأفراد رتبة مزدوجة الحوافر يشيع وجودها كحفريات في صخور يتردد عمرها من الإيوسين حتى البليستوسين.

• الإنليودونتك Entelodonts

عاشت هذه الثدييات المزدوجة الحافر العملاقة التي تشبه الخنازير خلال دور الأوليجوسين ودور الميوسين المبكر، وكانت تتميز بجمجمة طويلة ثقيلة وتحمل في داخلها مخا صغيرا نسبيا. وكان الوجه يتسم بوجود نُدْب كبيرة large knobs تحت العين وعلى الجهة السفلى لل فك السفلى. وتبدو النُدْب كأنها قرون قصيرة، وقد وصل ارتفاع هذه الخنازير العملاقة إلى ستة أقدام حتى الكتف وبلغ طول الجمجمة ثلاثة أقدام.

جمعت أقدم حفريات للجمال من صخور تابعة للإيوسين المتأخر، وكانت لأشكال صغيرة. وحينما تطور الجمل طرات بعض التغيرات وبخاصة فى الأسنان والأطراف وكذلك فى الحجم .

كثير من الجمال التى عاشت خلال منتصف الكاينوزوى كانت لها أرجل طويلة مهيئة للجرى ورقاب طويلة ساعدتها فى رعى أوراق الأشجار العالية.

لم نأخذ فى اعتبارنا ثدييات أخرى مثل الفئران والجربان التى انتشرت انتشارا واسعا منذ بداية الدور الثالث، أو تلك الثدييات الأخرى مثل الحيتان والدولفين التى عادت إلى الحياة البحرية، والسبب أنها غير مهمة من الناحية الحفرية. كذلك لم نشرح الرئيسيات؛ وهى الرتبة التى تضم القردة apes والإنسان man وسوف نتناول ذلك بشكل مفصل فى الفصل التاسع عشر (التاريخ الجيولوجى للإنسان).

الفصل السابع عشر

التطور: الحياة المتغيرة

EVOLUTION : CHANGING LIFE

تعرض سكان الأرض وكل ما بها من الأحياء لتغيرات مستمرة ومتدرجة منذ الأزمنة الجيولوجية الماضية، وسجل هذا التغير موثق جيدا ويمكن تفسيره عن طريق نظرية التطور العضوى organic evolution .

وهذه النظرية التي تعد من أهم النظريات بالنسبة للبيولوجيين والجيولوجيين، تعرف التطور العضوى بأنه عملية تراكمية للتغيرات، وتتميز بالتحور التقدمى للنباتات والحيوانات وتطورها من أسلاف أكثر بدائية. وعلى ذلك فإن دراسة التطور توضح أن النباتات والحيوانات الموجودة حاليا، قد وصلت إلى ما هى عليه من تطور نتيجة لتغيرات تدريجية منتظمة، حدثت فى الأزمنة الجيولوجية الماضية. وفى هذا السياق، سنعرض لموضوع التطور لما له من أهمية بالنسبة للمؤرخ الجيولوجى historical geologist (لمزيد من المعلومات انظر كتاب البيولوجيا وتبسيطها Biology Made Simple تأليف Ethel . M . Hanauer).

١-نظريات التطور Theories of Evolution

لا تعد فكرة التطور العضوى فكرة جديدة، ذلك لأن كثيرا من الفلاسفة الإغريق القدامى حتى عام ٥٠٠ ق م كونوا مفهوما بدائيا عن فكرة التطور. لكن أول نظرية علمية تختص بهذا الموضوع وضعت فى القرن التاسع عشر.

وبالرغم من أن كثيرا من العلماء قاموا بدراسة التغيرات التطورية التى طرأت على النباتات والحيوانات، إلا أن قليلين منهم هم الذين استطاعوا تفسير حدوث هذه التغيرات، ولكن إلى درجة قليلة نسيا. ومن بين هؤلاء العلماء يبرز

جين لامارك Jean Lamarck وتشارلز داروين Charles Darwin وهوجو دي فرييه Hugo de Vries.

• نظرية وراثـة الصفـات المكتسبة

Theory of Inheritance of Acquired Characteristics

افترض هذه النظرية العالم جان بابتيست لامارك Jean Baptiste Lamarck عام ١٨٠٩. وتفترض هذه النظرية أن العضو الذى يُستخدَم بصفة دائمة، ينمو ويتطور إلى حد كبير، والعضو الذى لا يستخدم يصبح ضعيفا ويتضامل تدريجيا حتى يختفى تماما. وكان من رأى لامارك أن هذه الصفات المكتسبة يمكن أن تتوارث من الآباء إلى الأبناء. لذلك فقد تظهر أنواع جديدة متغيرة بعد بضعة أجيال. وعلى سبيل المثال، كان لامارك يعتقد أن ابن الحداد يولد وعضلة ذراعه أقوى وأكبر حجما من هذه العضلة نفسها لطفل يولد من أب يعمل بائعا فى محل ما. ويفسر ذلك بأن السبب فى هذا الاختلاف يرجع إلى أن ابن الحداد يتمتع بلياقة بدنية أفضل موروثـة عن والده. وتعرف هذه النظرية أيضا بنظرية الاستعمال والإهمال use and disuse، وهى نظرية لا تحظى بالتأييد الكافى من العلماء فى وقتنا الحالى.

• نظرية الانتقاء الطبيعي Theory of Natural Seltion

اقترح هذه النظرية تشارلز داروين عام ١٨٥٩، وبعد داروين من أشهر علماء البيولوجيا، وحاول أن يفسر أسباب التطور وافترض نظرية تتطلب الكثير من البحث والتجربة لإثبات صحتها، وعرض داروين نظريته فى كتابه «أصل الأنواع» Origin of the Species وقد اعتمد داروين فى نظريته على أربعة عوامل هى:

١- الصراع من أجل البقاء Struggle for Existence

تنتج كل الكائنات الحية سلالات، لا يتوقع لها أن تبلغ كلها مرحلة النضوج، ويؤدى الإنتاج الزائد عن المطلوب إلى تنافس على الغذاء والماء والمأوى واحتياجات أخرى كثيرة. والكائنات الحية عليها إما التغلب على هذه الصعوبات وإما أن تموت.

ب- التنوع Variation

لا يوجد بين الذرية اثنان متشابهان تماماً، بل يوجد تنوع بين أفراد الأسرة الواحدة.

ج- الانتقاء الطبيعي Natural Selection

الأفراد الذين لديهم القدرة على البقاء والإنجاب هم الذين يصلون إلى مرحلة النضوج، وهذا معناه أن «البقاء للأصلح survival of the fittest».

د- الانتقاء الجنسي Sexual Selection

بعض الأفراد يتمتعون بمميزات تعطيهم الأفضلية على غيرهم في الحصول على أليف. وقد ترث ذريتهم هذه المميزات المواتية. أما الأفراد الذين لا يتمتعون بهذه المميزات الجذابة. فلا يستطيعون الحصول على أليف، وبالتالي فلا ينجبون ذرية. وبالرغم من أن معظم العلماء المحدثين تقبلوا نظرية داروين، إلا أن الاعتراضات الكثيرة قد أبديت على بعض آرائه، مما أدى إلى تعديل في بعض جوانب نظريته على ضوء المعلومات العلمية الحديثة.

نظرية الطفرة The Mutation Theory

تقدم بهذه النظرية العالم الهولندي هو جودي فريه Hugo de Vries في عام ١٩٠١، وقد وضع نظريته على أساس الدراسات الوراثية genetic الرائدة التي قام بها الراهب الأوجستيني جريجور جوهان مندل Gregor Johann Mendel، الذي نشر نظريته في عام ١٨٦٦. ويمد مندل أول من أرسى قواعد علم الوراثة. وتعتمد نظرية الطفرة mutation على أن أنواعاً جديدة تظهر في الطبيعة نتيجة لطفرة (تغيرات فجائية في المادة البلازمية للكائنات الحية). تساعد على بقاء هذه المخلوقات. وقد يورث الأبناء الطفرات فستقل من جيل إلى جيل حتى تؤدي إلى ظهور أنواع جديدة. ونظرية الطفرة لا تتعارض مع نظرية داروين، بل إنها تعد مكملة لها، حيث إن نظريته كانت توحي بأن أنواعاً جديدة تظهر فجأة، وليست نتيجة لتغيرات ضئيلة تحدث على مدى أزمنة طويلة.

٢- أدلة التطور Evidences of Evolution

بالرغم من أن الأدلة التي أثبتت وجود التطور تعد أدلة غير مباشرة، إلا أنها تستمد من مصادر كثيرة ولا جدال فيها. ولهذا السبب فإن البيولوجيين والجيولوجيين يعتقدون أن التطور حقيقة واقعة، وليس شيئا نظريا. وفيما يلي نوجز باختصار أدلة تبرهن أن التطور يمثل حقيقة واقعة:

أدلة من علم التشريح للمقارن Evidences from Comparative Anatomy

هناك نباتات وحيوانات كثيرة، تبدو كأنها غير متشابهة ولا يماثل بعضها البعض، وكأنه لا توجد أية علاقة بينها، لكننا إذا درسناها جيدا، سوف نجد أنها تشابه في البنية التشريعية. فعلى سبيل المثال، توجد تشابهات بنوية أساسية ba-sic structural similarities بين ذراع الإنسان وجناح الحفشاش وزعنفة الحوت وجناح الطائر. فكل هذه الأعضاء بينها شَبَهٌ بنوي أساسي، وكلها أعضاء للحركة. وهذه الأعضاء التي تشابه في البنية الأساسية يطلق عليها اسم البنيات المتشابهة homologous structures. وهذا يوحى بأن الأنواع الثابتة صاحبة هذه الأعضاء تنحدر من أصل واحد، ثم تفرعت منه وتحوّل كل نوع في اتجاه يختلف عن الآخر. وكثير من الحيوانات كانت لها أعضاء ذات وظائف محددة، ومعروف أن هذه الأعضاء كانت مفيدة في زمن ما، لكنها أصبحت الآن عديمة الفائدة. مثل هذه الأعضاء تسمى بنيات آثارية vestigial structures، وهذه أدلة إضافية تعضد نظرية التطور العضوي، فالصران الأور مثل (الزائدة الدودية) veriform appendix في الإنسان، يعد عضوا لا فائدة منه، بل إنه قد يسبب متاعب للإنسان، لكنه في بعض الحيوانات مثل الأرانب والكلاب ملزمت له وظيفة مهمة في الجهاز الهضمي.

أدلة من علم الأجنة Evidences from Embryology

تؤدى دراسة تطور أى مخلوق منذ اللحظة الأولى للإخصاب حتى وقت ميلاده، إلى الحصول على أدلة كثيرة توضح العلاقة الوثيقة بين أشكال الحياة البسيطة والحياة المعقدة. فالأجنة في مراحلها الأولى في بعض الحيوانات تكون لها

بنيات تشابه مع بنيات لأشكال بالغة adult forms لحيوانات أقل تطورا. وقد تختفى هذه البنيات عند نمو الجنين، أو قد تصبح بنيات آثارية لا وظيفة لها؛ فمثلا فتحات الخياشيم اللاوظيفية توجد في أجنة جميع الزواحف والحيوانات البرمائية والطيور والثدييات؛ وبالرغم من أنها تختفى قبل ميلاد الحيوان، فإنها تُرى في الأجنة كأثار مستخلقة من الماضي تشير إلى سلف مائي مشترك لكل هذه الحيوانات السابق ذكرها.

ولقد أدت نتائج الدراسات التي تختص بعلم الأجنة إلى صياغة ما يسمى بالقانون الحيوي biogenic law أو قانون الإعادة recapitulation law، الذي ينص على أن تاريخ أودار نمو الفرد يعيد تاريخ تطور السلالة التي ينتمي إليها الفرد.

• أدلة من التصنيف Evidences from Classification

يعتمد التصنيف العلمي على علاقات القرى التي توجد بين المخلوقات. ويبدأ النظام الليني linnean system لتصنيف الحيوانات بأبسط أشكال الحياة الحيوانية (الحيوانات الأولية «البروتوزوا»)، ويتدرج حتى يصل إلى أكثر الحيوانات تعقيدا (الحبليات cordata) ويتضح لنا من هذا التصنيف الذي يعتمد على العلاقات البنيوية أيضا أن هناك خطأ يدل على انحدر الحيوانات من أصل واحد يمكن تفسيره بسهولة على أساس العمليات التطورية.

• أدلة من علم الوراثة Evidences form Genetics

أضاف علم الوراثة الكثير من المعلومات التي ساعدت على قبول فكرة التطور. فقد استطاع الإنسان من خلال فكرة الانتخاب الاصطناعي أو السيطرة على عملية التربة والتهجين controlled breeding، أن يتج أنواعا مختلفة من النباتات والحيوانات. وعلى سبيل المثال، إذا تنبنا أصل جميع الخيول الموجودة حاليا، فسوف نبين أنها كلها ترجع إلى أصل واحد هو نوع الحصان البري.

وقد تمكن علماء الوراثة أن يستنبطوا أنواعا مختلفة من المخلوقات مثل ذبابة الفاكهة، عن طريق اختبارات معملية أجريت بدقة وإحكام شديدين. وتعتمد تجارب التربة والتهجين التحكمي على عملية التطور في تجاربها على أنها أساس

عملى . (وإن كان حقا أن تجارب التهجين لم تتج بعد أنواعا جديدة، إلا أننا يجب أن نتذكر أن الإنسان قد بدأ نشاطه فى هذا المجال منذ نحو ٤٠٠٠ سنة بينما يتطلب تطور نوع جديد إلى ملايين أو عشرات الملايين من السنين).

• أدلة من التوزيع الجغرافى *Evidences from Geographic Distribution*

يعتقد أن العلاقات التوزيعية لحيوانات معينة ترجع إلى التغيرات التطورية، وتوجد أدلة فى بعض الحالات تشير إلى أن الأنواع التى نشأت أصلا فى مناطق مركزية معينة، طرات عليها تغيرات عندما انتزعت. ومثال ذلك الجمل فى آسيا وحيوان اللاما فى أميركا الجنوبية اتحدتا من نفس الأصل قبل أن تنفصل القارتان إحداهما عن الأخرى. وبعد انفصالهما بدأ التطور يسير فى اتجاهين مختلفين، ولهذا فيبدو أن الانتزال isolation من الممكن أن يؤدى إلى ظهور أنواع جديدة.

• أدلة من علم الحفريات *Evidences from Paleontology*

عندما الأدلة التى تقدمها دراسة الحفريات بحجج قاطعة تؤيد فكرة التطور العضوى. وتبين الحفريات التطور المستمر فى هذا المجال، ذلك لأن أقدم الصخور تحمل حفريات تمثل أبسط أشكال الحياة، وتصير البقايا الحفرية أكثر تعقيدا فى الصخور الأحدث عمرا. وعليه فإذا رتبنا هذه الحفريات فى تتابع زمنى، سوف نجد أنها تُظهر تطورا تدريجيا، يكون تفسيره المنطوق أنه نتج عن التطور العضوى. كذلك فهناك اتجاهات تطورية فى كل مجموعة، فمثلا الجرابوليتات graptolites لها ستة اتجاهات كلها لمصلحة المستعمرة؛ كذلك فإن مجموعة micraster من القنفذانيات تظهر تغيرات جيدة التوثيق فى التسابع الصخرى كلما ازدادت تكميلا وملاءمة لتُدفن فى رواسب القاع.

وأخيرا نجد فى شعبة الحلييات phylum chordata، على وجه الخصوص، حفريات تعد حلقات وصل. ولقد رأينا قبلا أنه من الصعب تقرير ما إذا كانت بعض الأشكال زواحف أو برمائيات. أما الأركيوتيركس (أول طائر له ريش)، له أيضا ملامح كثيرة من صفات الزواحف. ولسوء الحظ، فمارال هناك الكثير من «الحلقات المفقودة» التى تجعل صورة التطور لنوعنا البشرى غير واضحة.

الفصل الثامن عشر

تاريخ الأرض

EARTH HISTORY

تعرضت الأرض لتغيرات عديدة خلال تاريخها الطويل، وسواء أكانت هذه التغيرات فيزيقية أم بيولوجية، فقد كانت لها تأثيرات على المناخ والجغرافيا والطوبوغرافيا وأشكال الحياة في أزمنة ما قبل التاريخ. وسوف نلقى الضوء في هذا الفصل على بعض هذه التغيرات ودورها في التاريخ الجيولوجي.

١- أحقاب ما قبل الكمبري The Pre-Cambrian Eras

يكون حقبة الأركيوزوي (حقبة الحياة العتيقة) Archeozoic Era مع حقبة البروتيروزوي (حقبة طلائع الحياة) Proterozoic Era مجموعة واحدة يطلق عليها حقبة ما قبل الكمبري Pre-Cambrian ولقد تأثرت صخور ما قبل الكمبري كثيرا بالعمليات الجيولوجية، مثل الطي والانضغاط الشديد وأصبحت لذلك معقوفة contorted، كذلك تأثرت كثيرا بعمليات التحول metamorphism. ويعد سجل هذا الجزء من تاريخ الأرض من أكثر الموضوعات صعوبة في تفسيره.

وشمل حقبا الأركيوزوي والبروتيروزوي معظم الزمن الجيولوجي من بداية تاريخ الأرض حتى بداية ترسيب طبقات الكمبري الحفرية. وإذا كانت الأرض على القدم الذي نعتقد، فإن حقبة ما قبل الكمبري يمثل ما يقرب من ٨٥٪ من التاريخ.

• حقبة الأركيوزوي Archeozoic Era

ينطى حقبة الأركيوزوي مرحلة طويلة من الزمن، كانت فيها الأرض خالية من الحياة. ومع ذلك فهناك أدلة حفرية غير مباشرة توجد على هيئة رواسب حاملة

للكربون - bearing carbon قد تكون عضوية الأصل. وتتكون معظم صخور الحقب الأركيوزوى أساسا من صخور بركانية ورسوبية متحولة تحولاً شديداً، تخترقها صخور الجرانيت. ولقد حدثت تغيرات كثيرة في هذه الصخور، حتى إن المعلومات التي أمكن الحصول عليها بشأن طبيعة نشوء هذه الصخور تعد معلومات محدودة للغاية. وكانت تلك المرحلة هي زمن النشاط التاري igneous activity وبناء الجبال، وحدثت في نهايتها عمليات التحات الشامل (الكتلى) massive erosion، التي تميز نهاية الحقب الأركيوزوى.

• حقب البروتيروزوى Proterozoic Era

تكونت صخور حقب البروتيروزوى بعد فترة التحات الطويلة التي ميزت نهاية حقب الأركيوزوى. ويعتقد أن هذا الحقب قد بدأ منذ أكثر من ألفى مليون سنة، ويشمل فترات التلج glaciation، والنشاط البركانى volcanic activity، والترسيب البحرى marine sedimentation وعلى العموم فإن طبقات البروتيروزوى تحتوى على صخور رسوبية أكثر وعلى صخور نارية ومتحولة أقل مما هو عليه الحال في صخور حقب الأركيوزوى. وتحتوى صخور البروتيروزوى على أقدم دليل حفرى معروف عن الحياة، ويتكون أساسا من الديدان الحفارة وأشواك الإسفنج والرادىولاريا والطحالب الجيرية calcareous algae. وقد أفرزت بعض الطحالب البحرية كتلا ضخمة من الحجر الجيري العسوى والتي تعد من أكثر أنواع الحفريات انتشارا في ذلك الحقب. ويبدو أنه لم تكن هناك حياة على البر. ويقدر ما أمكن تحديده من السجل الحفرى الشحيح فإن المناخ في الحقب البروتيروزوى تراوح من الدافئ الرطب إلى الجاف البارد. وتحتوى صخور البروتيروزوى على بعض أكبر الرواسب الفلزية القيمة التي عرفها الإنسان، مثل الفضة والذهب والنيكل والحديد والنحاس والكوبالت.

٢- حقب ما قبل الكمبرى في بريطانيا The Pre-Cambrian of Britain

تعد المصطلحات التي ذكرت فيما سبق، تطورا حديثا إلى حد ما، وسوف يجد القارئ أن معظم المراجع تصنف صخور هذين الحقبين وتضمهما تحت عنوان واحد هو حقب ما قبل الكمبرى. وقد استخدمت أسماء أخرى للدلالة على

هذا الحقب مثل الأزوى Azoic والإيوزوى Eozoic والكلمتان من أصل إغريقى فالأولى «آزوى» تعنى بلا حياة، بينما تعنى الثانية «إيوزوى» فجر الحياة.

• اللويزى Lewisian

يبلغ عمر صخور اللويزى ثلاثة آلاف مليون سنة تقريبا، وهى صخور الأركيوزوى الوحيدة فى بريطانيا المؤكد عمرها بالضبط. وتوجد فى مناطق محددة، فى شمال غرب المرتفعات فى سكوتلندا north-west Highlands of Scotland، وكذلك فى الهبريدز Hebrides، حيث توجد بشكل واضح فوق جزيرة لويس Lewis Island. وتشمل مجموعة اللويزى Lewisian group أنواعا كثيرة من الصخور، تضم صخور النيس gneisses والشيست schists وكل أنواع الصخور المتحولة، وتخترق هذه الصخور سلاسل من الجدد القاطعة dykes وتعرضت هذه المجموعة الصخرية المعقدة كلها إلى الطى الشديد نتيجة للحركة الأوروپيية القديمة ancient orogeny.

• التوريدونى Torridonian

إن عمر صخور التوريدونى غير معلوم، لكن هذه الصخور تتركز فوق صخور اللويزى مباشرة، وتعلوها صخور الكمبرى الأسفل. ويقتصر وجود صخور التوريدونى على اسكتلندا بالتحديد، حيث يبلغ سمكها ٢٠ ألف قدم فى منطقة سكاي Skye. وتشمل صخور التوريدونى مجموعة من الصخور الرسوبية تتميز بالحجر الرملى الأركوزى الأحمر red arkosic sandstone، ونظرا لأن صخور الأركوز غنية فى محتوى الفلسبار، وهو معدن حاس للعملية التجوية فى الظروف الرطبة، لذا يفترض أن تلك الصخور ترسبت بسرعة.

• الموينى Moianian

يعد تحديد عمر النسق الموينى من الأمور الصعبة، نظرا لعملية الطى التى تعرض لها لاحقا، لكن عمر الموينى قدر بحوالى ١٠٠٠ مليون سنة. وتتكون صخور هذا النسق من مجموعة من الصخور المتحولة، توجد متصدعة مكدوسة (thrust) بواسطة صدع عملاق رماها فوق صخور التوريدونى وصخور اللويزى.

ربما تكون هذه المجموعة متزامنة أو أحدث قليلا من الموينى. ويشكل الدالراى الجزء المركزى للمرتفعات الاسكتلندية central Highlands of Scotland، ويتكون من سلسلة محددة مميزة من الصخور، تشمل الجروق graywacke، والحجر الجيري الطحلى algal limestone، وكذلك صخورا بركانية. وتوجد بعض الحفريات من الكمبرى المبكر فى الطبقات العلوية، وتشمل الترايلوبيتات trilobites. ويعتقد أن صخور الدالراى العلوى تؤذن بنهاية ما قبل الكمبرى وبداية حقبة جديد. هذه المجموعات الأربع التى ذكرت قاصرة على اسكتلندا، بينما فى المكاشف الصغيرة المنزلة فى أماكن أخرى من إنجلترا وويلز، فقد وجد أنه يصعب جدا تأريخها وتحديد أعمارها. ومنذ حوالى ٧٠٠ مليون سنة مضت (قرب نهاية ما قبل الكمبرى)، كانت بريطانيا جزءا من قشرة جراتينية ضخمة على هيئة قارة كبرى تسمى بانغايا Pangaea وهذه كانت تشمل أوروبا والأميركتين وأفريقيا. وفي الوقت نفسه، كانت أستراليا قد انشطرت عنها، ويفصل بينهما بحر ضيق ضحل. وتكون صخور ما قبل الكمبرى درعا جراتينيا ثابتاً فى وسط وغرب أستراليا.

٢- حقبة الباليوزوى The Palaeozoic Era

تمثل بداية الباليوزوى (حقبة الحياة القديمة) أول تسجيل دقيق لتاريخ الجيولوجى. ولم تعرض صخور الحقبة الباليوزوى إلى تغيرات فيزيقية هائلة، مثل تلك التى تعرضت لها صخور حقبة ما قبل الكمبرى. وتتميز صخور حقبة الباليوزوى بوفرة الصخور الرسوبية، والكثير منها يتميز بمحتوى حفرى كبير للغاية.

ويقسم حقبة الحياة القديمة الذى بدأ منذ أكثر من ٦٠٠ مليون سنة إلى ستة ادوار six periods (يقسم فى أميركا إلى سبعة ادوار) من الزمن الجيولوجى. وتختلف هذه الادوار فى مدتها الزمنية؛ إذ يتردد عمر الدور بين ٢٠ مليون سنة ومئة مليون سنة. وقد قسمت هذه الادوار الجيولوجية على أساس فترات قصيرة نسبيا من الرفع القارى. وخلال هذه الفترات انحصرت البحار عن القارات.

وفترات الرفع هذه تلتها فترات غمرت البحار فيها القارات جزئيا وترسبت الرواسب فى تلك الأجزاء المغمورة.

والآن دعنا نلخص أدوار حقبة الحياة القديمة، وندرس بعضا من تاريخها الفيزيقي، ومناخها وأشكال الحياة فيها.

٤-الدور الكمبرى The Cambrian Period

الدور الكمبرى هو أقدم أدوار حقبة الحياة القديمة (الباليوزوى). وهو أول أدوار التاريخ الجيولوجى الذى نجد فيه وفرة من الحفريات التى حفظت جيدا. واشتق اسم الدور من كلمة Cambria وهو الاسم اللاتينى لمقاطعة ويلز Wales حيث درست هذه الصخور لأول مرة فى تلك المقاطعة.

وقد بدأ دور الكمبرى منذ ٦٠٠ مليون سنة تقريبا، عندما كان يغمر معظم بريطانيا بحر ضحل، وزاد عمق هذا البحر ببطء عندما هبطت المنطقة لتكون قعيمة الباليوزوى الكبرى vast Paleozoic geosyncline التى امتدت من أيرلندا عبر مقاطعة ويلز ونظام الجبال المركزى الذى يفصل بين المناطق العالية والمناطق المنخفضة فى اسكتلندا ثم تصل إلى اسكتندافيا. وتتكون قاعدة الكمبرى السفلى من صخور الكونغلوميرات تليها إلى أعلى سلسلة من الطفلة اللاحضرية وصخور الجريت ثم مجموعة لنجولا lingulella group الغنية بحفريات الترايلوبيات (عشلا بجنس Agnostus، وجنس Paradoxides)، وحفريات المسرجانيات (جنس Lingulella) وظهور أول جرابتوليت شجيري dendroid graptolite (Dictyonema) فى الكمبرى العلوى. وتشمل هذه المجموعة جزءا من حجر دورنس الجيرى Durness limestone والتى تتكون طبقاته السفلية من صخور الكمبرى التى تتركز مباشرة على صخور التوريديونى Torridonian فى اسكتلندا. وقد تعرضت طفلة ويلش Welsh Shales إلى عملية التحول مكونة صخور الادرواز التى تستخدم فى «تليط» الاسقف.

ومن المحتمل أن تكون الكتلة البرية التى أصبحت أميركا فيما بعد، كانت أكثر قربا من أوروبا فى ذلك الوقت، وكانت مصدرا للمواد التى ترسبت فوق الصخور التى ذكرت فيما سبق، بالرغم من أن ثلثها تقريبا كان قد تعرض للغمر

أيضا. وفي الوقت نفسه، فقد صار البحر الأستري أكثر ضيقا إلا أنه ظل ضحلا. وفي الدور الكمبرى، سادت الترابيلويتات والمرجاتيات غير المعشقة. وكانت الترابيلويتات على وجه الخصوص متعددة، وكانت تشكل حوالى ٦٠ فى المئة من الفونة الكلية.

وفي الدور الكمبرى أيضا، كانت توجد بعض اللاقليات مثل الحيوانات الأولية «البروتوزوا» protozoans، والإسفنجيات sponges، والقواقع snails، والديدان worms والكيسيات cystoids، والجرايتوليتات الشجرية dendroid graptolites. أما عن الحياة البرية والحياة فى المياه العذبة فلا يوجد لها سجل فى صخور الدور الكمبرى؛ كذلك لا يوجد أى دليل على بقايا الحيوانات الفقارية.

ويمكن أن تكون لنا تأملات فقط عن المناخ فى الدور الكمبرى، ويبدو أن المناطق المناخية لم تكن محددة بوضوح كما هو الحال اليوم؛ وعلى وجه العموم فيمكن القول بأن المناخ كان معتدلا وغير متباين equable.

٥-الدور الأردوفيشى The Ordovician Period

اشتق اسم الدور الأردوفيشى الذى استمر ٧٥ مليون سنة (أكبر من الدور الكمبرى بحوالى ٢٥ مليون سنة) من اسم قبائل أردوفيسيس Ordovices، وهى قبائل قديمة استوطنت مقاطعة ويلز. وتوجد صخور الأردوفيشى متوضعة فوق صخور الكمبرى بلا توافق (وفى بعض الأماكن تتوضع فوق صخور ما قبل الكمبرى)، ولاحقة لفترة رفع ٠ وقد حدثت حركة طفيان بحرى متجلدة نشأ منها الدور كله الذى ينقسم إلى خمسة نسق، وهذه بدما بأقلمها هى:

أرينج Arenig، ليلانفرن Llanvirn، ليلانديلو Llandeilo، كارادوك Caradoc، أشجيل Ashgill، وفى بعض الأحيان يضم النسقان الأخيران فى نسق واحد يسمى نسق بالـ Bala Series.

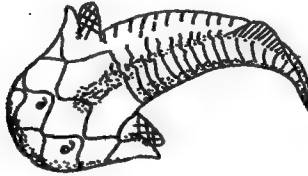
وكانت صخور الأردوفيشى أساما طفلة جرابيتلية سوداء تخللها رواسب بحرية ضحلة تحتوى على وفرة من الترابيلويتات والمرجاتيات. وقد تعرضت بعض رواسب الطفلة إلى عمليات التحول فصارت صخرا أردوازيا. وقد تميزت

القعميرة العظمى بشيء لم يكن ظاهرا في أثناء الزمن الكمبرى وهو النشاط البركاني الكبير، الذى تسبب فى ترسيب كميات هائلة من الرماد البركاني واللاية ويخاصة فى سنودونيا Snowdonia. وهذه المواد التى ترسبت فى تلك الفترة قد أتت من الشمال الغربى ومن المرتفعات الاسكتلندية Scottish Highlands التى أصبحت كتلة برية. وهناك كتلتان أخريان منخفضتان برّتان وجدتا جزءا من الوقت خلال هذا السدور: امتدت الأولى عبر البحر الأيرلندى Irish Sea. وجزيرة مان Isle of Man وفى منطقة البحيرات؛ وامتدت الكتلة الثانية من جنوب يوركشير إلى الجنوب حتى مقاطعة كنت Kent وعبر مصب نهر السفن Severn Estuary. وهناك بحوث عديدة أجريت على صخور هذه المناطق الأردوفيشية وما بها من حفريات، قام بها سير رودريك مورثيسون Sir Roderick Murchison وأدم سدوك Adam Sedgwick، لذلك جرى تكميمهما بإطلاق اسميهما على بعض حفريات تلك الفترة: *Murchisoni Didymograptus* أو «جراپتوليت الشوكة الرنانة Tuning-fork graptolite» و *Angelina sedgwicki* وهى من الترايلوبيات، وقد سجل وجود خط ساحل قديم كاملا بجروفه ومعالم خطوطه الشاطئية فى أجزاء من المنطقة. ولا بد أن تذكر أن نُسق الأردوفيشى الخمسة لا توجد كاملة دائما فى أى مكان من المنطقة، فعلى سبيل المثال، فى أجزاء من شرويشاير توجد طبقات الكاردوك (الأردفيشى العلوى) وتتركز مباشرة فوق صخور الكمبرى وما قبل الكمبرى.

وأغلب الظن أن مناخ الأردوفيشى كان معتدلا ومتباينا فى معظم أنحاء العالم، أما المناطق المناخية، إذا وجدت، فمن المفروض أنها كانت أقل وضوحا من مثيلاتها فى الوقت الحاضر. وقد كانت بحار الأردوفيشى الواسعة الانتشار والدافئة سببا مباشرا فى انتشار الحياة البحرية وامتدادها خلال تلك الفترة. وقد استرجع ذلك من السجل الباليولوجى، الذى يدل على أن هذه البحار كانت زاهرة بالأعشاب البحرية، والبروتوزوا، والمرجانيات والبريوزوا، والمراسين، والجوفرمعويات، ورواققيات الحياشيم، والراسقدميات، والترايلوبيات، والكيديات، والزنبقيات، وأوائل الجلدشوكيات والجراپتوليتات التى اتخذت أشكالا ذات ثمانية أو أربعة أو اثنين من الأفرع. ومن الأمور الملحوظة، هو التطور

الكبير للأسفنديات المستقيمة وذات الأشكال القمعية والتي وصل طول بعضها إلى ١٥ قدما.

وبالرغم من غياب الفقاريات في بريطانيا، إلا أنها كانت قد بدأت في الظهور، وكانت في بدايتها أسماكاً مدرعة صغيرة وبدائية (شكل ١٤٨)، وكانت بقاياها كسر من صفائح عظمية وحراشيف. وتسمى هذه الحيوانات ذات الظهر العظمى باسم أوستراكودرمات *ostracoderms*، وقد وجدت بقاياها لأول مرة في جبال روكني بأميركا.



شكل (١٤٨)

أوستراكودرم *Ostracoderm* من الأسماك البدائية

٦-الدور السيلوري The Silurian Period

ترجع تسمية الدور السيلوري بهذا الاسم نسبة إلى قبائل سلتيه قديمة (السيلور) كانت تعيش في ويلز، حيث دُرست صخور السيلوري لأول مرة.

ويبدو أن هذا الدور استمر لفترة قصيرة نسبياً، حوالي ٢٠ مليون سنة (بالرغم من أن بعض المصادر تقدر فترة استمرار الدور السيلوري بحوالي أربعين مليون سنة). وحتى الآن لم تستقر الآراء على تقسيم الدور السيلوري إلى أنساق *series*، لكن معظم الجيولوجيين يقسمونه ثلاثة أنساق هي: لاندوفرى *Llandovery*، وونلوك *Wenlock*، ولدلو *Ludlow*. وكانت الصخور التي ترميت في الدور السيلوري متشابهة في فترة ما مع صخور الدور الأردوفيشي، ولكن حدث إطفاء تدريجي للقميرة الكبرى *geosyncline* بكميات كبيرة من

إلا فى أميركا فقط. وهناك أدلة على أن هذه الأسماك كانت حيوانات مياه عذبة، وعليه فأغلب الظن أن لها أسلافاً انقرضت دون أن تترك خلفها سجلاً حفرياً.

• الحركة الكاليدونية Caledonian Orogeny

بدأت هذه الحركة خلال الدور السيلورى وبلغت أوجها حتى جعلت وهدة القمعيرة الكبرى *geosynclinal trough* منطقة جبلية تمتد حتى اسكتلندافيا. وقد صاحب هذه الحركات التكتونية انفجار للنشاط البركانى عندما تدخلت الصخور الجرانيتية فى الصخور الأقدم منها، كذلك فإن الصخور التى طويت وتصدعت بشدة من أثر هذه الحركات كان من الصعب دراستها وحل طلاسمها. لكن هناك البحوث الكثيرة أجريت على هذه الصخور والتى قام بها مارشيسون *Murchison* وشديوك *Sedgwick*، وتركت مهمة تصنيف هذه الصخور إلى الأستاذ تشارلز لابورث *Charles Lapworth*، الذى استخدم لذلك طريقة ابتكرها ويليام سميث *William Smith* «رائد الجيولوجيا البريطانية» والتى تعتمد على مضاهاة الصخور طبقاً لمحتواها الحفرى.

وبنهاية الدور السيلورى وقدم الحركة الكاليدونية، حدثت تغيرات عظيمة فى الفونة، فانقرضت الجرابتوليتات الحقيقية، وقلت الترابيلوبيات *trilobites*، وبدأت الفقاريات فى الظهور، وحلت أشكال جديدة محل الأشكال القديمة.

ومن المحتمل أن مناخ السيلورى كان دافئاً ومعتدلاً عبر مناطق شاسعة ممتدة، وقد بنى هذا الافتراض على أساس وجود أعداد كبيرة من المراجين البانية للشعاب وكذلك رواسب الحجر الجيري والدولوميت ذات السمك الكبير المنتشرة فى أماكن كثيرة.

وتعد رواسب الملح والجبس الهائلة التى توجد فى الدور السيلورى العلوى، دليلاً على سيادة فترة قحولة شديدة فى مناطق العالم التى وجدت فيها هذه الرواسب. وتتميز الحياة البحرية فى الدور السيلورى بامتداد وانتشار المراجين البانية للشعاب، والمرجانيات المعشقة، والبريوزوا والجلد شوكيات، والرخويات والجرابتوليتات (جنس *Monograptus* أساساً وبعض الأشكال المعقدة والعديدة التفرع والأشكال الملتفة *coiled*). ووصلت الترابيلوبيات إلى قمة تطورها قبل أن

يحدث لها تدهور سريع حتى قاربت الانقراض. كذلك كانت هناك لافقاريات كثيرة تعيش في بحار الكمبرى والأردوفيشى. وكانت أكبر الحيوانات تميزاً في السيلورى مجموعة من المفصليات التى تشبه العقارب والتى تسمى باليوريتريدات eurypterids أو العقارب البحرية.

وتعد الأسماك البدائية هي الفقاريات الوحيدة التى سجلت في دور السيلورى، والتى كانت تشبه مثيلاتها بصخور الدور الأردوفيشى.

وفي دور السيلورى ظهرت أول نباتات وحيوانات برية. وكانت أول حيوانات برية هي العقارب والديدان ذات الألف قدم millipedes، وقد ظهرت في الدور السيلورى المتأخر. كما عثر على كسر متحجرة لما يسمى بالنباتات البرية land-dwelling plants في صخور السيلورى العلوى في إنجلترا وأستراليا. وخلال أدوار الأردوفيشى والسيلورى، أخذ البحر يضيق في أستراليا وبدأ يهاجر إلى الشرق.

٧-الدور الديفونى The Devonian Period

ترجع تسمية الديفونى Devonian إلى اسم مقاطعة ديفونشاير بإنجلترا devonshire، حيث درست الصخور البحرية لأول مرة. واستمر الدور الديفونى مدة طولها بين ٥٠ و ٦٠ مليون سنة. وقد تسببت الحركة الكاليدونية في قيام سلاسل جبال عظيمة، وكان معظم بريطانيا جزءاً من قارة خط شاطئها يجرى عبر المقاطعات الجنوبية.

ويقسم الدور الديفونى طبقاً للرواسب القارية إلى:

• الحجر الرملى الأحمر القديم Old Red Sandstone، والصخور البحرية الديفونية Marine Devonian.

•الحجر الرملى الأحمر القديم Old Red Sandstone

(يختصر الاسم إلى O.R.S) وتتكشف صخوره في الوادى الأوسط لاسكتلندا Midland Valley وشيفيوتس Cheviots، وفي مناطق أخرى كثيرة في إنجلترا وويلز Wales.

وتحتوى هذه الصخور على حفريات قليلة، وهى طبقات حمراء فى الحالة النموذجية، لكنها تحتوى على طبقات ذات ألوان متعددة. ويسمى الحجر الجيري اللاحضرى الموجود ضمن هذه الصخور باسم كورنستون cornstones، وربما يكون هذا الصخر قد تكون نتيجة لعملية التبخر. لكن الحجر الرملى الأحمر القديم يتكون فى صورته المثالية من صخور المارل والحجر الرملى الغليظ التجب. وقد طفحت البراكين كميات هائلة من الرماد البركانى واللاية فى الوادى الأوسط لاسكتلندا. وفى جنوب إنجلترا كانت هناك دلتا كبيرة ومنطقة مستنقعات تصرف مياهها فى البحر.

• الديفونى البحرى Marine Devonian

تتكون الطبقات البحرية التى أدت إلى تكوين التربة الحمراء فى ديفون Devon من أحجار جيرية وطفلة وأحجار رملية تمثل دورة مثالية للرف البحرى typical shelf - sea cycle تتكون من أحجار جيرية وطفلة وأحجار رملية.

وقد تقدم البحر خلال هذه الفترة وتراجع بشكل متكرر حين تعرضت المنطقة للهبوط. ويوجد اليوم قطاع رأسى يمر خلال طبقات بحرية تتبادل مع رواسب برية ودلتائية deltaic.

ويبدو أن المناخ فى معظم أقسام الدور الديفونى كان معتدلا ولا توجد أدلة على وجود أحزمة مناخية واضحة فى أى مكان فى العالم خلال هذا الدور. وتميزت الحياة الديفونية بانتشار النباتات البرية land plants وتزايد الحيوانات الفقارية. واشتملت النباتات على أسلاف غابات مستنقعات القمح التى قدر لها أن تسود معظم الدور التالى. وتمثلت الحيوانات اللاقارية بأنواع عديدة من المرجين البانية للشعاب، والإسفنجيات، والجللشوكيات (وبخاصة الزنبقيات)، ورواقليات الخياشيم، والبطنقميات.

وكانت المرجانيات أكثر الحيوانات شيوعا فى الزمن الديفونى. وفى هذا الدور كانت التريلوبيتات موجودة ولكن أعدادها كانت فى تناقص مستمر. وكان ظهور أول الامونويدات ammonoid مثلا بظهور أشكال صغيرة لها خط درز من النوع الجونيائيتى goniatitic؛ وكذلك ظهرت الحشرات لأول مرة.

وبالنسبة للفقاريات فقد تعرضت لتطورات غير مسبوقه، وشاع وجود أسماك المياه العذبة والأسماك البحرية. ومن بينها الأستراكوندرومات ostracoderm، والأسماك الفكجية jawed fishes والبلاكودرمات المدرعة armoured placoderms. وظهر القرش الحقيقي؛ كذلك ظهرت مجموعة من الأشكال الكبيرة الشبيهة بالقرش sharks وتعرف باسم الأرترووديرات arthodires وكان البعض منها مدرعا بعظام قوية ووصل طول الواحد منها ثلاثين قدما .

وبالرغم من ذلك فقد كان أهم شيء فى هذا الموضوع هو ظهور أول أنواع الفقاريات ذوات الأربع. ويبدو أن البرمائيات البدائية قد نشأت عن أسماك الكروسوتريجات crossotrygians أو الأسماك الديفونية ذوات الرئات lungfishes .

٨-الدور الكربونى The Carboniferous Period

استمر الدور الكربونى لمدة تزيد على ٦٥ مليون سنة، ويقسم إلى ثلاثة أطوار محددة طبقا لنوع الصخور الموجودة:

الحجر الجيري الكربونى Carboniferous Limestone؛ جريت حجر الطاحون Millstone Grit ومتكونات الفحم Coal Measures ويعرف الحجر الجيري الكربونى أيضا باسم الدور الكربونى السفلى، ويكافئ تقريبا ما يسميه الأميركيون باسم الدور الميسيسيبي Mississippian Period وتمثل متكونات الفحم الدور الكربونى العلوى والذي يطلق عليه اسم الدور البنسلفانى Pennsylvanian Period فى أمريكا.

الحجر الجيري الكربونى Carboniferous Limestone

خلال هذه الفترة من الدور الكربونى، تقدم البحر بثبات فى اتجاه الشمال فوق بقايا قارة الحجر الرملى الأحمر القديم، المعروفة باسم أرض القديس جورج Saint George's Land مكونا طبقات سميكه من الحجر الجيري. وقد قسمت هذه الطبقات إلى نطاقات طبقا لأشكال المراجين الموجودة بها . وتتميز قاعدة الحجر الجيري بنطاقات أحدث كلما اتجهنا شمالا (استدل على ذلك من أشكال المراجين

والمسرجانيات الموجودة)، وبينما كان هذا يحدث، كانت هناك دلالة تصرف في وسط اسكتلندا ودخل أثناء ذلك نشاط بركاني. وتقدم أيضا بحر قديم إلى يوركشير عبر جبال بينتز Pennines، وتنتج عن تلك الظروف غير الثابتة، دورة ترسيبية متواترة (رتمية) rhythmic تعرف باسم سحنة يوردل Yoredale facies وهي تتكون أساسا من تتابع من الحجر الجيري والأردواز والحجر الرملي، وفي بعض الأحيان أشرطة من الفحم.

• جريت حجر الطاحون Millstone Grit

تغطي الصخور المرفوقة باسم جريت حجر الطاحون معظم وسط إنجلترا، وقد تكونت في ظروف دلتائية deltaic conditions حيث يختلط صخر الجريت البريشى brecciated grit، ردىء الفرز ذو التطبيق الكاذب مع أشرطة من رواسب بحرية، مما قد يدل على أن الظروف السائدة آنذاك لم تكن مستقرة. وإلى الجنوب كانت هناك قعيمة عظمية geosyncline تمتد عبر القنال الإنجليزي English channel وسرعان ما ملئت بالجراوق greywackes.

• متكونات الفحم Coal Measures

أدى وجود المستقعات الضخمة المتسعة، والنمو الوافر للنباتات، والظروف غير المستقرة باستمرار إلى هذا الطور الفريد من التاريخ الجيولوجي. فعندما هبط قاع البحر وارتفع البر، حدث تحات للمواد الصخرية ثم حدث لها ترسيب، وانعكست الآية على هيئة ترسيب متواتر rhythmic من الطفلة البحرية وحجر الطين اللاجوني lagoonal mudstone وصخر الجريت الدلتائي deltaic grit والحجر الرملي والحجر الطيني والطين الحسارى المستقعى swampy fireclays والمراجين. ويعد توزيع مراكز مناجم الفحم في بريطانيا دليلا على الانتشار الواسع لتكوينات الفحم، التي امتدت تحت بحر الشمال.

وبنهاية الدور الكربوني حدثت حركة عظيمة أخرى بانية للجبال تعرف باسم الحركة الأرموريكية Armorican (أو الهرسينية Hercynian) وكان تأثير هذه الحركة شديدا وملحوظا في الجنوب، حيث تدخل جرانيت دلمور Dartmoor granite هو والتمعدنات المصاحبة له، وكذلك النشاط البركاني. وفي اتجاه الشمال، كان التأثير

أقل شدة، وكان الطى والتصدع أكثر لطفاً - وخلال الدور الكربوني كانت الحياة مزدهرة على البر وفي الماء، فكانت البحار زاخرة باللافقاريات مثل الفورامينيفيرا foraminifers، والبريوزوا bryozoans، والمرجانيات brachiopods، والرأسقدميات cephalopods والبرعمانيات blastoids، والزنبقيات crinoids (كونت في بعض الأماكن كتلا من الحجر الجيري الزنبقاني crinoidal limestone) والمرجين corals. واشتملت المرجانيات التي تستخدم حفريات نطاقية zone fossils مع المرجين Corals على جنس برودكتس الشوكي Spiny Productus. أما المرجين التي استخدمت حفريات نطاقية في الحجر الجيري الكربوني فهي (من الأقدم إلى الأحدث):

Cleistopora (نطاق K)، *Zaphrentis* (نطاق Z)، *Coninia* (نطاق C)، وسمى النطاق الذي يليه نسبة إلى المرجانية *Seminula* (نطاق S). وهذا الجنس الأخير يرتبط غالباً بالمرجان الكتلي massive coral المسمى *Lithostrotion*. وأخيراً يأتي (نطاق D) المسمى باسم الجنس *Dibunophyllum* وقد قسمت هذه النطق الرئيسية إلى نطاقات فيما بعد - وقد تقدمت رقائقات الخياشيم lamellibranchs إلى بحيرات المياه العذبة - وكونت الحشرات جزءاً مهماً من الفونة واشتملت على أنواع ذات أجنحة عرض امتدادها يصل إلى ٣٠ بوصة. وكانت الحشرات ضرورية للإخصاب الناجح لبعض النباتات التي كانت مزدهرة للغاية. وكانت الغابات المستقمية مكونة من السرخسيات الكبيرة large ferns وبعض النباتات الأخرى، ومن أكثر أنواع السفلورة شيوعاً كانت أجناس *Lepidodendron* و *Sigillaria*.

وتنوعت الأسماك، وبلغت البرمائيات ذروة تطورها وكانت أعظم خطوة إلى الأمام تختص بالفقاريات هي ظهور الزواحف التي كانت لها القدرة على أن تضع بيضاً له صدقة أو قشرة جيرية -

وفي الوقت نفسه، مرت على أستراليا فترة بناء جبال أدت إلى اختفاء البحر الذي كان موجوداً وصامداً منذ الدور الكامبري. وكان النشاط البركاني له أثره الواضح جهة الشرق، بينما ترسبت الأحجار الجيرية الغنية بالمرجين في بقايا البحر.

٩-الدور البرمي The Permian Period

ترجع تسمية البرمي Permian إلى إقليم Perm بوسط روسيا، وهو آخر أدوار حقبة الحياة القديمة، وقد استمر حوالي ٥٠ مليون سنة.

وفي الدور البرمي كان المناخ والجغرافيا والفونة والفلورة مختلفة إلى حد كبير عن مثيلاتها في الأوار السابقة من حقبة الحياة القديمة.

وكانت بريطانيا أرضا قاحلة بعد الحركة الأوروغينية الأمريكية Armorican Orogeny وكانت طبقات البرمي هزيلة والحجر الرملي الذي تكون خلال هذا الدور وفي الدور الترياسي Triassic الذي تلاه كان يعرف باسم الحجر الرملي الأحمر الجديد New Red Sandstone وتوجد صخور البرمي في تورباي بمقاطعة ديون كأكصى انتشار لها جهة الجنوب، حيث تتمثل بالأحجار الرملية الحمراء اللون والبريشة. وإلى الشمال، توجد صخور المارل التي حلت محل متكونات الفحم، وترسبت كتل من الأحجار الرملية في ظروف شبه صحراوية وتتميز بحياتها بأنها في حجم حبة الدخن وأن تغطيها كثي.

وقد امتد ذراع من بحر الزرخشتاين Zechstein Sea (وهو بحر عالي الملوحة) إلى وسط وشمال بريطانيا حيث توضعت رواسب فريدة من الحجر الجيري المغنيسي. ويحتوي هذا الحجر الجيري الدولوميتي على أشكال سرية ودرنات وكرات من الحجر الجيري قد يصل قطر الواحدة منها أربع بوصات. ولما تبخر بحر الزرخشتاين، ترسبت الرواسب الملحية ذات الأهمية الاقتصادية.

وتعد الشواهد الحفرية في هذا الدور غير كافية ولكن القليل الموجود منها يشير إلى تغيرات عظيمة؛ فالترابوليتات التي كتبت قد بدأت تختفي بالفعل في بريطانيا أصبحت منقرضة. كذلك اختفت المراجين التجمدة rugose corals والأمونيات الجسونية، وزينقانيات الباليوزوي والقنفذانيات (فيما عدا centrechinoids)، وتلاشت البرعمانيات والكيسيات للأبد. وتناقصت المسرجانيات في أعدادها وأصبحت صغيرة ومقزمة stunted، لكنها كانت لا تزال موجودة. وتطورت أشكال جديدة للحياة في بحر التيثس Tethys الذي يوجد في مكانه تقريبا البحر المتوسط في أيامنا هذه).

وكانت الصورة فى أميركا مشابهة لهذه الأحوال، لكنها لم تكن كذلك فى كل الأماكن. ولأول مرة حدث تغير صارخ فى المناخ حول العالم. وأخذت قارة أستراليا شكلها الحالى وأبعادها الحالية أيضا. وتعرضت هي وجنوب أفريقيا وأميركا الجنوبية إلى الثلج الشديد فغطتها مثالج هائلة عند بداية هذا الدور. ثم سادت بعد ذلك ظروف أكثر اعتدالا، وقد نشأت وتطورت أراض مستنقعية فى معظم أستراليا وآسيا وكانت شبيهة بتلك التى ظهرت فى الدور الكربونى.

ويستخرج الفحم من الدور الكمبرى فى أوروبا والهند والصين وأستراليا، كما توجد طبقات قليلة منه فى أميركا. وكانت النباتات فى هذا الدور متشابهة إلى حد كبير مع نباتات الدور السابق.

واستمرت البرمائيات والزواحف فى ازدهارها وسيادتها على البر، وكان بعض من الزواحف يبدى صفات الثدييات.

١٠- حقبة الميزوزوى (حقبة الحياة المتوسطة) The Mesozoic Era

سمى حقبة الحياة المتوسطة بهذا الاسم، لأنه يمثل الفترة الانتقالية من النباتات والحيوانات البدائية نسبيا التى ظهرت فى حقبة الحياة القديمة إلى الأشكال الأكثر تطورا فى الحقبة الكاينوزوى (حقبة الحياة الحديثة)، ومن ثم فيطلق على هذا الحقبة اسم حقبة الحياة الوسطى Middle-Life. وخلال ١٦٧ مليوناً من السنوات وهى الفترة الزمنية التى دام خلالها حقبة الحياة المتوسطة، حدث توسع وانتشار غير مسبوق للحيوانات البرية (وبخاصة الزواحف) وكان الشيء المهم أيضا هو ظهور الثدييات لأول مرة وكذلك النباتات الزهرية والطيور.

١١- الدور الترياسى The Triassic Period

الدور الترياسى هو أول أدوار حقبة الحياة المتوسطة، واشتق اسمه من كلمة يونانية هي *Trias* ومعناها ثلاثة. ويرجع ذلك إلى التقسيم الثلاثى *threefold division* لصخور هذا الدور فى وسط ألمانيا حيث وصف لأول مرة. ويوجد فى بريطانيا أقدم نسق وأحدث نسق فقط من الترياسى، وهما: بتر *Bunter* وكويسر *Keuper* على الترتيب، إذ لم يصل القسم الأوسط (الحجر الجيرى الصدفى أو الموشكالك = *Muschelkalk*) إلى شواطئ بريطانيا.

ويتكون البونتر Bunter من أحجار رملية مبرقشة mottled sandstones وطبقات حصوية pebble beds. وكان بحر زخشتاين Zechstein Sea لا يزال يتبخر في الشمال. ويدل وجود الوجهريحيات الثلاثية الأوجه dreikanter على الظروف الرطبة.

ويتكون الكوير Keuper من أحجار رملية ومارل (جيرى بالكاد) ورواسب ملحبة. وكان البحر يقترب تدريجيا من الشواطئ الجنوبية لبريطانيا، وجلب معه ظروفا رطبة، ويستدل على ذلك من رواسب المارل الخضراء المعروفة باسم Tea Green Marls والمنكشفة في مصب نهر سيفرن Severn Estuary.

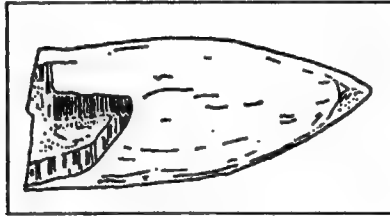
وانتهى الدور الترياسي بتكوين مجموعة من الطبقات الانتقالية المعروفة باسم النسق الرايتي Rhaetic Series، الذي اعتُبر لمدة طويلة أنه جزء من الدور الجوراسي، لكن محتواه الحفري يؤكد أنه يتبع الدور الترياسي، وقد تكونت سخور الرايتي في لاجونات قطعت من البحر المتقدم بحواجز منخفضة، لذلك فهي من طبقات صلصالية أساسا.

وتتكون طبقات الرايتي العظمية المشهورة من بقايا من الأسماك والبرمائيات والزواحف، ويبلغ سمكها حوالي بوصتين. ويرتكز الحجر الجيري فوق النسق الرايتي ويشمل ما يسمى خطأ باسم رخام كوثمان Cothman Marble الذي يستخدم في أغراض الزينة. ويدل وجود بقايا الزواحف والبرمائيات على مناخ معتدل ساد معظم أزمنة الدور الترياسي.

ويدل وجود بعض النباتات المتحفزة في بعض الأماكن على مناخ دافئ رطب، بينما تدل رواسب الملح والجبس في بعض المناطق على مناخ قاحل.

وفي الدور الترياسي، كانت الحياة مختلفة كثيرا عن الحياة في أدوار حقبة الحياة القديمة، حيث ظهرت مجموعات جديدة، سواء مائية أو برية. وكانت هناك تغيرات هامة في اللاقاريات والفقاريات والنباتات. وشاع وجود النباتات البرية مثل الصنوبريات والسيكاديات والسراخس. وكانت هناك أنواع محددة من نباتات الفحم التي لا تزال تعيش. وتمثل الجذوع المتحجرة للأشجار الموجودة في الغابة المتحجرة بأريزونا بقايا الأشجار الضخمة للدور الترياسي.

وتشمل اللافقاريات البحرية أعدادا كبيرة من الرأسقدميات cephalopods وورقاتقيات الحياشيم lamellibranchs والبطنقدميات gastropods وقناذ البحر echinoids والمراسين coral وكذلك أنواعا ممثلة لمعظم الشعب الأخرى لللافقاريات. ويلاحظ أن عدد المرجانيات قل كثيرا وبالرغم من استمرار وجودها. وربما تكون الأمونيتات ammonites (الرأسقدميات الصدفية shelled cephalopods، والتي يوجد بها حواجز مشرشرة frilled Septa) هي أكثر أنواع الحيوانات المميزة لتلك الفترة. وكانت البليمنيتات belemnites شائعة (شكل ١٥٠) وهي من أقارب الحباريات الحديثة modern squid. كذلك فإن المراسين البانية للشعاب التي تشبه الأنواع الحديثة كونت الشعاب المرجانية في أجزاء كثيرة من العالم.



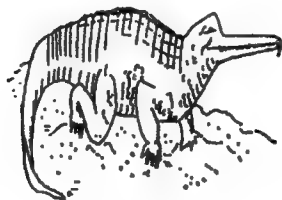
شكل (١٥٠)
بلمنيت Belemnite

وواصلت الفقاريات تطورها السريع، وكانت متنوعة وكثيرة، وكانت أسماك القرش sharks شائعة في البحار، وتزايدت أعداد الأسماك العظمية الحقيقية true bony fishes وتنوعت كثيرا في ضروبها. وظلت البرمائيات تعيش إلا أنها توارت في ظل التطور السريع للزواحف التي ازدهرت ونمت بقوة.

وكانت الزواحف هي الفقاريات السائدة خلال الدور الترياسي، وكانت تشملها السلاحف turtles والفيتوصورات phytosaurs والزواحف

البحرية marine reptiles والدينوصورات dinosaurs وقد أبدت بعض من هذه الأشكال ميلا نحو الارتداد إلى أشكال سابقة قديمة. ولأنه لا يوجد بالطبع تطور تام عكسي (إلى الخلف) reversal evolution، فلم تصبح الزواحف البحرية أسماكاً مرة أخرى، لكنها تأقلمت فقط مع الحياة البحرية. وسوف نجد أن للقروش (أسماك)، وللإكتيصورات ichthyosaurs (زواحف) والدولفين dolphins (ثدييات) صفات متشابهة تجعلها تتأقلم مع بيئتها، ويقال لهذه الأشكال جميعاً إنها تتطور تطوراً متلاقياً convergent evolution.

وبمقارنة الدينوصورات القديمة بدينوصورات الدور الجوراسي والطباشيري، سوف نجد أنها كانت صغيرة بالنسبة للدينوصورات العملاقة التي ازدهرت في الدورين الجوراسي والطباشيري، لكن بعضاً من الزواحف البحرية وصلت إلى أحجام عملاقة، مثل الإكتيصور الانسيابي الذي كان يشبه سمك أبو سيف swordfish، ومثل البليسيوصور الثقيل الحركة clumsy plesiosaurs. وقد وصل ارتفاع بعض من هذه الزواحف إلى ٤٠ قدماً، بالرغم من أن ارتفاعها العادي كان يقل عن ذلك بكثير. وكانت هناك مجموعة مميزة من الزواحف مثل الفيتوصور البرمائي الذي كان يشبه التماسيح (انظر شكل ١٥١).



شكل (١٥١)

فيتوصور Plesiosaurus

١٧-الدور الجوراسى The Jurassic Period

سمى هذا الدور بهذا الاسم نسبة إلى جبال الجورا التى تقع بين فرنسا وسويسرا . واستمر هذا الدور لمدة ٤٥ مليون سنة، وترجع شهرته إلى الزواحف الكثيرة التى عاشت خلاله. ويقسم الدور الجوراسى إلى الجوراسى السفلى، والجوراسى الأوسط، والجوراسى العلوى.

الجوراسى السفلى Lower Jurassic

ويسمى أيضا اللياس Lias، وقد شهد تقدم البحر فوق معظم أجزاء القارة مخلفا بعض الجزر البعيدة عن الشاطئ، وذلك ما أرهصت به أحداث أواخر الزمن الترياسى . وتتكون معظم صخور اللياسى من الصلصال والطفلة، غير أنه توجد صخور من الحجر الجيرى السرى olitic limestones الغنى بالحديد فى جنوب إنجلترا. وقد كانت أرضية البحر غير مستقرة unstable وقد أجريت بحوث كثيرة على الجوراسى السفلى لتخيل صورة عن الحركة الدؤوب نحو الشمال لذلك البحر الطينى الدافئ وذلك عن طريق دراسة نطق الامونيات ammonite zones.

ويتميز اللياس العلوى Upper Lias بوجود نوعين من الطفلة، هما: طفلة الشب alum shale، وطفلة فحم الجيت Jet shales، ويستغل الشب اقتصاديا فى منطقة ويتباى Whitby، وتستخدم طفلة فحم الجيت فى بعض الأغراض الصناعية مثل صناعة المجوهرات وأعمال الزخرفة.

الجوراسى الأوسط Middle Jurassic

يقسم الجوراسى الأوسط الحجر الجيرى السرى الشهير المسمى بالسرى العظيم وكذلك السرى الأسفل السلين ترسبا فى بحار ضحلة دافئة صافية (كما هو موضح بالفصل الرابع). وتنتج عن عمليات طى أرضية البحر تكون قمعية كبرى geosyncline. ويوجد الحجر الجيرى على هيئة أشكال عديدة، فقد يكون من الجريت gritty، ويسمى باسم محتواه الحصى: مثل جريت ترايجونيا Trigonita Grit، وجريت كليسيوس Clypeus مثلا، وأحياتا يسمى الجريت البارلاى لاحتوائه على درنات سرية فى حجم حبات البازلاء. وتوجد الرواسب اللتلاوية حول حافة اليابسة.

• الجوراسى العلوى Upper Jurassic

بدأ الجوراسى العلوى بصخور الحجر الجيري والحجر الرملى الغليظ النجيب، المسمى كورنبراش Combrash. وسرعان ما أصبح البحر طينيا وترسب الصلصال بثخانات هائلة فيما يعرف بصلصال أكسفورد (يستعمل أساسا فى صناعة الطوب) وصلصال كمبردج. وكانت الفترة الزمنية ما بين ترسيب صللصال أكسفورد وصلصال كمبردج تدل على ظروف بحرية واضحة، حيث ترسبت الأحجار الجيرية السريعة بصورة أكثر من قبل، وكذلك الحجر الجيري المرجاني coral limestone وتسمى هذه الطبقات باسم الكورالى The Corallian. وعندما تراجع البحر جنوبا، أصبحت الأجزاء الجنوبية من إنجلترا مناطق غابات مستنقعية swampy forests، تضم نباتات وأشجار تختلف عن تلك التى سادت فى العصر الكربونى. وخلفت الزواحف الضخمة التى تكاثرت فى المستنقعات آثار أقدامها فى الطين.

ويمكن ملاحظة آخر نشاط بحرى فى طبقات بورتلاند Portland Beds التى تضم طبقات الحجر الجيري السرى والحجر الرملى. أما آخر الطبقات والمسماة طبقات بوريك Purbeck فهى أحجار جيرية ترسبت فى لاجونات من المياه العذبة fresh water lagoons وهنا نجد غابات متحجرة بالقرب من لالويرث Lulworth وتربة متحجرة fossilized soils أيضا.

وفى الدور الجوراسى توافرت وتنوع الفلورة والفونة، وساعد على ذلك المناخ المعتدل اللامتبين والبحار فوق القارية epicontinental seas.

وفى الدور الجوراسى، تنوعت وازدهرت النباتات السيكايدية cycads، لدرجة أن الدور الجوراسى يسمى أحيانا «عصر السيكايدات» وكانت الغابات فى هذا الدور تشمل السرخسيات ferns، والسيكاديات cycads والجنكة ginkgos والاسل (السمار) trushes وهو نوع من النباتات له أوراق اسطوانية طويلة وكذلك الصنوبريات conifers.

وصارت اللافقاريات وفيرة بشكل ملحوظ فى الدور الجوراسى، وقد كونت المراجين البائية للشعاب والمراجين المسطحة tabulate آخر شعاب لها فى البحار الدافئة وحول اللاجونات.

وازدهرت رثائقيات الحياشيم (المحاريات) فى المياه البحرية والمياه العذبة. وتنوعت القنفذانيات، وكذلك البطنقدميات والفورامينيفرا والجماعيات (الحزازيات) التى كثر فى البحار.

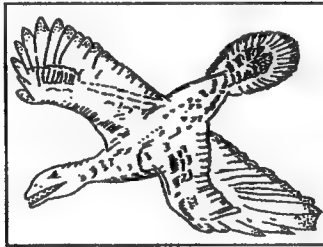
لكن الجدير بالذكر هو ما حدث مع الرأسقدميات؛ (الأمونيتات ammonites والبلمنيتات belemnites)؛ فالنسبة للأمونيتات، حدثت لها تغيرات سريعة، وأدى التعقيد الذى طرأ على خط الدرز suture line ونُظَّمُه إلى استخدامها فى تقسيم صخور الجوراسى إلى نطق zones وعندما يحدث الجزر يمكن رؤية حفريات الأمونيتات وهى تلمع تحت الشمس على الشاطئ الطفلى عند وايتباى Whitby بمقاطعة يوركشير، ويعزى اللمعان إلى عملية استبدال مادتها بمعدن البيريت pyrite الذهبى اللون. ويمكن رؤية البلمنيتات belemnites التى تشبه الأقلام مع الأمونيتات.

أما من المفصليات arthropods والتى كانت تمثلها فى الماضى الترايلوبيتات، فقد صارت تمثلها الآن الريناتات (الجمبرى) shrimps والسرطانات crabs. أما البر فقد غزته الحلزونيات (القواقع) snails بالإضافة إلى أعداد كبيرة من الحشرات. أما الزواحف - وتحليلد أكثر الدينوصورات - فقد كانت لها السيادة على كل الحيوانات الفقارية. وقد تزايدت أعداد الأسماك وكان أغلبها أسماكاً عظمية بدائية أو قروشاً. ولم تكن البرمائيات وفيرة الأعداد كما كان الحال بالنسبة لها فى الدورين البرمى والترياسى. وقد عوض غيابها أعداداً هائلة من الزواحف فى ذلك الزمان.

وكانت الدينوصورات آكلات النباتات ذوات الأربع مثل برونوتو زوراس Brontosaurus ودبلودوكس Diplodocus لها السيادة على البر، وبلغ طول الواحد منها ٩٠ قدماً، ووصل وزن الفرد منها عشرات الأطنان. كذلك سادت آكلات اللحم من الدينوصورات مثل اللّوصور Allosaurus وهو دينوصور ذو قدمين فقط يبلغ طوله ٣٥ قدماً. وقد كان الدينوصور المسمى ستيجوصور Stegosaurus، من الدينوصورات المدرعة، وكان من زواحف الجوراسى المميزة. وفى الدور الجوراسى ظهر أول الزواحف الطائرة المعروف باسم بتيروصورز Pterosaur؛ وكانت هذه

الزواحف تتميز بعظام خاوية hollow bones وأجسام صغيرة وخفيفة. أما الزاحف الطائر رامفوريينكس *Rhamphorhynchus* فقد كان له ذنب طويل وأسنان حادة وجناحان طول امتدادهما يبلغ قدمين؛ وكان يعد من أشكال الجوراسي المميزة.

وكانت الزواحف البحرية مثل الإكتيوصور *Ichthyosaurs* والبليسيوصور *Plesiosaurs* لا تزال شائعة ومنتشرة في بحار الجوراسي. وخلال هذا الدور أيضا ظهر أول طائر بدائي وهو أركيوبتيروكس *Archaeopteryx*، ويعد ظهور هذا الطائر من الأحداث المهمة التي تميز الجوراسي. ولقد عرف هذا الطائر من بقاياها التي عثر عليها في محاجر الحجر الجيري في بافاريا *Bavaria*، وكانت هذه البقايا هي ريشة واحدة وهيكلين وبقايا مهشمة من هيكل طائر ثالث. وكان الأركيوبتيروكس لا يزال يحتفظ بصفات الزواحف، مثل الأسنان والمخالب التي بأطراف أجنحته (شكل ١٥٢) وعلى أي حال فإن الريش يجعله بالتأكيد من الطيور.



شكل (١٥٢)

أركيوبتيروكس *Archaeopteryx*، طائر من الجوراسي

وهناك حفريات لثدييات مؤكدة وجدت في صخور الجوراسي؛ فقد وجدت بقايا مهشمة لحيوانات كانت في حجم الفأر الكبير، وتدل بنية أسنانها، على أن بعضها كان من آكلات الأعشاب، بينما يبدو البعض الآخر أنه كان من آكلات اللحوم.

١٢-الدور الطباشيري The Cretaceous Period

يتميز الدور الطباشيري الذي دام لفترة ٧٠ مليون سنة تقريبا برواسب سمكة من الحجر الجيري الطباشيري الأبيض اللون . وفي الواقع، فإن كلمة Cretaceous، اشتقت من كلمة *Creta* اللاتينية؛ وهي تعني طباشير. وقد درست صخور الطباشيري لأول مرة في الجروف البيضاء لدوفر Dover بجنوب إنجلترا.

وقد أدت عمليات التحات والتسهيّب للحنائر المركبة إلى ظهور تتابع من الصلصال clays والأحجار الرملية الحليدية أسفل الطباشير. وقد توضعت الطبقات السفلية، (طبقات هاستنجز Hastings، وصلصال ويلد Weald Clays) في ظروف مماثلة لتلك التي كانت سائدة في نهاية الدور الجوراسي.

ويوجد هناك لا توافق بسيط slight unconformity بين الدورين الجوراسي والطباشيري وذلك نتيجة لعمليات الإمالة tilting للطبقات ثم عملية تقهقر البحر بعد ذلك.

وقد ساعدت أراضي المستنقعات الدلتاوية deltaic swamplands على ازدهار الحياة النباتية واستمرار وجود الزواحف. وقرب نهاية الطباشيري السفلى Lower Cretaceous، بدأ البحر في إثبات وجوده مرة أخرى بترسب أنساق من الصلصال والرمل الأخضر السفلى Lower Greensand. وتوجد مكاشف طبقات الرمل الأخضر السفلى في الحفر الرملية في المنطقة المسماة بالويلد، حيث يشاهد على هيئة رمال يرتقالية اللون ضاربة إلى اللون البني. ويعزى وجود هذا اللون إلى وجود هيدروكسيد الحديد (الليمونيت) الناتج عن عملية تجوية معدن الجلوكونيت glauconite. ويولد وجود معدن الجلوكونيت في رواسب الحجر الرملى، على أنها رواسب بحرية.

وفي الوقت نفسه، في يوركشير Yorkshire، امتد ذراع من البحر الأوربي، ليفرز اليابسة جالبا معه فونة مختلفة تماما عن تلك الموجودة في طبقات الويلد Weald beds والتي لها نفس العمر الجيولوجي. وهنا نجد أن سافلة الطبقات lowest beds، هي الصلصال الأزرق المعروف باسم صلصال سيتون الأزرق blue Speaton Clays، والذي يرتكز على صلصال كيميردج Kimeridge Clay (هنا لا

توجد طبقات البورتلاند Portland والبوريكيان Purbeckian من العصر الجوراسي). وتدرجيا امتد البحر وتقدم في اتجاه الجنوب وأدى ذلك إلى ترسيب الطباشير الأحمر red chalk.

وفي الوقت الحالي، يعتقد معظم الجيولوجيين أن الطباشيري العلوي يبدأ بالصلصال الأزرق اللزج المعروف باسم - صلصال جولت الأزرق اللزج sticky blue Gault Clay الغني بحفريات الأمونيات - وقد ترسب مزيد من الرمال الخضراء والمارل، حينما غزا البحر جنوب إنجلترا، ثم ترسب الطباشير الفريد بعد ذلك، وأخيرا اتصلت المنطقتان إحداهما بالأخرى - وقد ثار جدل كثير - ولا يزال - حول ظروف ترسيب الطباشير. ويقدر معدل ترسيب طبقاته بحوالى قدم واحدة كل ٣٠٠٠ سنة، ويرتبط هذا المعدل بتكوين الأرداغ oozes فى البحار العميقة، ولكن من المحتمل أن يكون الطباشير قد تكون فى بحار ضحلة (قنائف البحر echinoids والأمونيات ammonites والزنايق البحرية crinoids وغيرها من الفونة، وكلها مخلوقات تعيش فى البيئة البحرية الضحلة). ومن المحتمل أيضا، أن الظروف كانت قاحلة وأن الأنهار كانت قليلة جدا، لذلك فإن المواد التى كانت محمولة فى الماء لم تلوّث البحار، ومن هنا أمكن للحجر الجيري الطباشيري أن يصل إلى هذا السمك. وقد وجد أن الطباشير العلوي Upper Chalk يحتوى على كثير من الصوان الشريطى banded flints وهو مواد سليكية.

ويتميز الدور الطباشيري بمناخ معتدل، ويبدو أنه كان أقل حرارة إلى حد ما عنه فى الدور الجوراسي. وقد استدل على ذلك من الحفريات؛ فقد أصبحت المراجعين أكثر ندرة فى بريطانيا، وتؤيد طبيعة الرسوبيات أيضا هذا الاستنتاج؛ وبالإضافة إلى ذلك، هناك أدلة على حدوث مشالغ فى الطباشيري المبكر فى أستراليا.

وبالنسبة إلى الحياة النباتية فى الطباشيري المبكر، فقد تكونت السيكاديات cycads والصنوبريات conifers والسرخسيات ferns والتى كانت تشبه نباتات الجوراسي إلى حد كبير. وظهرت النباتات الزهرية flowering plants فى منتصف الدور الطباشيري، وبنهاية الدور الطباشيري أصبحت الحياة النباتية مشابهة للنباتات التى توجد اليوم.

وكانت بحار الطباشيري الدافئة الضحلة عامرة بأنواع متعددة من اللاقاريات، كما كان الحال في فترات حقبة الحياة المتوسطة السابقة. وكانت الرخويات هي أكثر الأنواع شيوعاً. وقد أسهمت الفورامينيفرا (المنخريات) ذات الأصداف الجيرية في تكوين الطباشيري إلى حد كبير، وتستخدم كحفريات مرشقة مفيدة في دراسة الصخور الطباشيرية. وتستخدم حفريات micraster القنفذية، والبلمينيات belemnites والزنايق البحرية crinoids في دراسة صخور العصر الطباشيري وتقسيمها إلى نطق zones كذلك تتميز صخور الطباشيري بأعداد كبيرة من رقائق الخياشيم (للحاريات lamellibranchia والبطنقديات (القواقع) gastropods والرأسقديات cephalopods) وبخاصة الأمونيات ammonites التي كانت موجودة بأعداد وافرة ويتنوعات كبيرة).

ولقد كانت الجلد شوكيات echinoderms ممثلة بقنافذ البحر sea - urchins، والقنفذيات القلبية heart - urchins، وإلى حد أقل، كانت تمثل الجلد شوكيات بالاسماك النجمية starfishes والنجوم الهشة brittle stars.

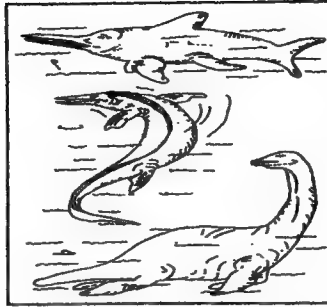
وكانت الدينوصورات أكثر الفقاريات شيوعاً، لكن باقى الزواحف والأسماك والطيور والثدييات البدائية كانت وافرة بدرجة كبيرة أيضاً. وكانت الأسماك متشابهة إلى حد كبير مع الأسماك الحالية، واستدل على ذلك من بقاياها المتحجرة. وكانت الطيور أكثر تميزاً وأكثر انتشاراً مما كانت عليه في الأواخر الجيولوجية السابقة، قد تركت سجلاً حفرياً مهماً. أهمه هسيرورنيس Hesperornis، وهو طائر كبير لكنه لا يطير. وكانت ثدييات الدور الطباشيري صغيرة وتشبه حيوان الزبابة shrew الحالي (حيوان من أكلات الحشرات يشبه الفأر)، أو القنفذ الحالي hedgehog.

واستمرت الزواحف في السيادة على البر وفي البحر والجو، وتطورت منها أشكال أكثر عجباً من ذي قبل. وكانت الأرنشوبودات Ornithopods ممثلة جيداً بأجناس مثل تراكودون Trachodon (يعرف أيضاً باسم أناتوصور Anatosaurus، وكذلك دينوصورات لها مناقير تشبه مناقير البط. وكانت الأنيكلوصورات المدرعة armoured ankylosaurus آكلة العشب التي عاشت خلال زمن الطباشيري فقط؛ ويعد حيوان الأنيكلوصور مثالا لهذه المجموعة. وكانت هناك مجموعة من

الدينوصورات الأكثر تميزا وهى نوع من الدينوصورات المقرنة *horned dinosaurs*، وأكبر أنواع هذه المجموعة هو ترايسيراتوبس *Triceratops*، وكان من أكلة النباتات ومن ذوات الأربع، وكان ثقيل الوزن جدا، وبلغ طوله ٣٠ قدما. وكانت جمجمته ذات الشئمانى أقلام فى الطول لها درع عظمى ثقيل يحمى العنق من الخلف، وكان الحيوان يتميز بمنقار يشبه منقار البغاء.

وكان أكبر الدينوصورات أكلة اللحم هو التيرانوسور *Tyrannosaurs*، وكان ارتفاعه يصل إلى ٢٠ قدما وهو واقف، وطوله يترواح بين ٤٠ و ٥٠ قدما وكان وزنه يصل إلى أطنان كثيرة. وكانت رجلاه الأماميان مختصرة فى الحجم جدا ومزودة بمخالب حادة لتصلح للإسك بالفريسة بقوة. وكانت جمجمته الضخمة مدرعة ولها فكَّان قويان وأسنان تشبه الخناجر، وقد يبلغ طول الفك الواحد منها ست بوصات.

واستمرت الزواحف الطائرة فى تطورها، فظهرت أنواع غير عادية جديدة فى الزمن الطباشيرى. وأحد الأنواع الهامة فى البشورصور *Pterosaurs* التى يجب الإشارة إليه هو بتراندون *Pterandon*، وكان حيوانا خفيف الوزن، عظامه مفرغة *hollow - boned*، وكان جسمه نحىلا وطوله لا يزيد على قلمين إلا قليلا، لكن المسافة بين طرفى جناحيه الممدودين كفتت تصل إلى أكثر من ٢٥ قدما. وكان ذيله قصيرا. ومؤخرة رأسه تتميز بأن الجمجمة تمتد على هيئة مثلث طويل. واحتوت بحار الطباشيرى أنواعا نادرة من الزواحف البحرية مثل الإكثيوصورات *Ichthyosaurs* والبليوصورات *Plesiosaurs* التى كانت لا تزال موجودة، والتى لحقت بها الموزاصورات *Mosasaurs*، وهى نوع من الزواحف السابحة يشبه السحالى العملاقة (شكل ١٥٣). هذه الكائنات العملاقة، التى كان يصل طول الفرد منها ٥٠ قدما، كان لها جسم يشبه السحلية *lizard* تماما وذيل مبسط وأسنان منحنية كبيرة وحادة. وكانت الأطراف الأربعة متحركة إلى زعانف. كذلك كانت هناك سلاحف البحر العملاقة *Giant sea turtles* وهى من المجموعات المهمة، وبعض منها مثل أركيلون *Archelon* بلغ طوله ١١ قدما، واثنى عشرة قدما من طرف زعنفة إلى طرف الأخرى.



شكل (١٥٣)

زواحف سباحة من حقبة الحiele المتوسطة

١- إكتيوسور *Ichthyosaur*.

ب- موسوسور *Mosasaur*.

ج- پليسيوسور *Plesiosaur*.

لكن ما الذى حدث للدينوصورات؟ ولماذا انقرضت فجأة (بالمعنى الجيولوجى)؟ هذا السؤال ظل يحير علماء الجيولوجيا والبيولوجيا حقبة طويلة؛ إنها لم تفرض بسبب عدم نجاحها، فقد عاشت لأكثر من ١٠٠ مليون سنة، وبلغت أشكالاً وأحجاماً ضخمة وأنواعاً كثيرة وغزت بيئات مختلفة وعاشت وصمدت فيها. وهنا نسوق بعض الأفكار التى قدمت فى هذا الخصوص:

أ- المناخ والتغيرات الجغرافية التى حدثت فى الدور الطباشيرى كانت قاسية فلم تستطع الدينوصورات أن تتأقلم معها.

ب- كانت المجموعة فى عمر مرحلة الشيخوخة للسالة، وكان زمانها قد ولى.

ج- انتشار وباء أو كارثة أبادتها (وهناك أدلة علمية قليلة تؤيد ذلك).

د- كانت الثدييات تزايد أعدادها بدرجة كبيرة، وربما تكون قد درجت على أكل بيض الدينوصورات.

هـ- قد يكون التفسير الذى طرأ على فلورة الطباشيرى جعل الدينوصورات لا تتغذى هذه النباتات؛ وباختفاء الدينوصورات أكلة النباتات، انقرضت الدينوصورات أكلة اللحوم التى كانت تقترب الدينوصورات أكلة الأعشاب وتعيش عليها.

ويعتقد علماء كثيرون أن الدينوصورات انقرضت ليس بسبب عامل واحد من العوامل التى سبق ذكرها، لكن بسبب عوامل عديدة منها . ومع كل الاحتمالات القائمة، وحتى الآن فلا يوجد جواب حقيقى شاف لهذا السؤال للحير .

وربما يكون قد حدثت الجحرافات قارية كثيرة فى نهاية الدور الطباشيرى، أدت إلى انفصال شمال أميركا عن أوروبا وانفصال أميركا الجنوبية عن أفريقيا . وأصبحت القارة القطبية الجنوبية Antarctica وأستراليا وآسيا وحدات منفصلة . وغُيِّرَت البحيرات الضخمة والمستنقعات المكونة للحمم coal-forming swamps فى العصر الجوراسى ببحر شطر أستراليا إلى قسمين . وتدهورت الظروف المناخية وبدأ العصر الجليدى فى تأثيره . وبالطبع فإن الانفصالات البرية (انفصال كتلة برية عن أخرى) أثر على القوة الموجودة، فأخذت النسانيس monkeys التى تطورت، خطوطا مختلفة فى العالم القديم والحديث . وظلت بقايا قليلة من زواحف الدينوصورات حتى يومنا هذا فى بعض الجزر . أما بعض الثدييات وحيدة الثقب monotremes (مرتبة دنيا من الثدييات لها مخرج واحد لأعضائها التناسلية والبولية والهضمية) وبعض أنواع الجحرايات (مثل الكنجاو) marsupials فقد صمدت محليا . كذلك كان الحال مع بعض الطيور الأرضية (التي لا تطير) flightless birds مثل الإيمو emu (طائر أسترالى كالنعامة، لكن حجمه أقل) . وكانت الضفادع البرمائية فى أستراليا وأميركا الجنوبية مضرّة . أما ثعابين أستراليا فتختلف عن باقى الثعابين فى مناطق العالم الأخرى وهى لا توجد بالمرّة فى نيوزيلندا . لكن هذه هى كل التطورات التى حدثت فى حقبة الحياة الحديثة، وهذا هو الحقب الذى يجب أن ندرسه الآن .

١٤- حقبة الحياة الحديثة (الكينوزوي) The Cainozoic Era

استمر حقبة الحياة الحديثة (الكينوزوي)؛ والذي ينطق غالباً السينوزوي Cenozoic، حوالي ٦٣ مليون سنة. وهو عمر قصير نسبياً إذا ما قورن بالاحقاب التي سبقتة. وتعنى كلمة «كينوزوي» الحياة الحديثة «recent life»، وسمى الحقب كذلك بسبب الكم الهائل والتنوع من النباتات والحيوانات التي تطورت خلاله.

١٥- الدور الثالث The Tertiary Period

دام الدور الثالث لمدة ٦٢ مليون سنة تقريباً، واشتق اسم الدور الثالث من تقسيم قديم للصخور، غير مستخدم حالياً. ويقسم الدور الثالث إلى خمسة عصور محددة جيداً، موضحة فيما يلي من الأقدم (فى أسفل العمود) إلى الأحدث وموضح أمام كل منها معناه الحرفى:

الأحدث على الإطلاق	more recent	Pliocene	البليوسين
الأقل حداثة	less recent	Miocene	الميوسين
الحديث بقلّة	little recent	Oligocene	الأوليغوسين
فجر الحديث	dawn recent	Eocene	الإيوسين
الحديث المتيق	ancient recent	Paleocene	الباليوسين

ولم يثبت وجود عصر الباليوسين Paleocene بوضوح فى بريطانيا. وتتل صخور الإيوسين أقدم صخور الدور الثالث حيث تتكشف فى حوضين كبيرين فى جنوب إنجلترا وهما حوض لندن London Basin وحوض هامبشائر Basin Hampshire، وبالرغم من التشابه الكبير بين الحوضين، ألا أنه توجد فروق بين الطبقات التى لها العمر نفسه فى كل منهما. وتتشرب طبقات الصلصال والأحجار الرملية وتوجد بها طبقات من اللجنيت lignite. وتتكشف طبقات الإيوسين بطريقة نموذجية فى جروف «خليج الجرف الأبيض White Cliff Bay» فى جزيرة ويست Isle of Wigt. ومن الواضح أنه سادت دورة cycle من الظروف القارية والمستويات البحرية المتبادلة. ومع انقراض الزواحف العملاقة،

اختضت أيضا الأمونيتات ammonites والبلمينيتات belemnites وحدثت تغيرات هائلة؛ فمثلا التطور الذي حدث على الحشائش شجع على وجود الثدييات ذات الحوافر hoofed mammals ونظرا لوجود التشابه الواضح بين الكائنات الحية للدور الثالث Tertiary والدور الرابع Quaternary فسوف نناقش أشكال الحياة لهذين الدورين معا في نهاية هذا الفصل.

في الوقت نفسه تعرضت اسكتلندا إلى نشاط بركاني واسع الانتشار، كَوْن حزاما بركانيا امتد عبر أيرلندا حتى وصل إلى أيسلندا. ويمكن رؤية هذه الطفوح البركانية في چيانتس كوزواى Giant's Causeway ومخارة فتجال Cave Fingal's. كذلك فهناك أدلة كثيرة تدل على النشاط الناري تتمثل في حشود الجدد القاطعة والجدد الكتلية المتوازية التي تمتد في اتجاه شرق - غرب.

الأوليوسين Oligocene

يوجد في بريطانيا في حوض هامشاير فقط Hampshire Basin مع صلصال وأحجار جيرية تحوى على مرجين تشتمل على Madepora وهو من المرجين السداسية Hexacoral (Scleractina). وكثير من هذه الطبقات ليست بحرية، إذ إنها ترسبت في بيئة مائية مسوس brackish ومياه عذبة كذلك.

ويشيع وجود محاربات المياه العذبة (بلح البحر) mussels، وكذلك بقايا الطيور والثدييات والزواحف.

ولا توجد صخور للميوسين Miocene في بريطانيا، وتقابل هذه الفترة الحركة الأورو جينية الآلية Alpine Orogeny التي كوَّنت جبال الألب Alps والهمالايا Himalayas وجبال اليرنيس Pyrenees وبعض الجبال في أميركا.

وكانت بريطانيا على حواف المنطقة التي تأثرت بهذه الحركة، ونتيجة ذلك كان الطي اللطيف الممتد في الاتجاه شرق-غرب (موجات فحسب mere ripples) مثل قبة وبلد Weald Dome والصدوع التي ترتبط بها.

بالرغم من الصخور البلاتية التي كونها البليوسين فى شرق انجلترا East Anglia، فقد كملت هذه الفترة أكثر أهمية لفترة تحت. وقد كان التسهيل peneplanation هو «النظام اليومى Order of the day». وكانت تحدث دورة التسهيل بواسطة عمليات التحات التي تعترضها الأنهار القاطعة للوديان مكونة أشكالاً بنية تلالية. ويمكن مشاهدة آثار عملية التحات اللاحقة عند مستويات مختلفة.

١٦-الدور الرابع The Quaternary Period

ترجع تسمية الدور الرابع بهذا الاسم إلى تقسيم قديم للصخور، وهو تقسيم غير مستخدم الآن، كما هو الحال فى تسمية الدور الثالث. وقد استمر الدور الرابع لفترة قصيرة نسبياً (حوالى مليون سنة) وينقسم الدور الرابع إلى عصر البليستوسين Pleistocene والعصر الحديث Recent. ويعرف عصر البليستوسين بأنه عصر الجليد العظيم Great Ice Age، ويتميز بأربع فترات ثلجية عظمى، تتخللها ثلاث فترات دافئة حدث خلالها انصهار للجليد. وقد تسبب الشرف الجليدى العظيم Great Ice Sheet فى شمال أوروبا وسيبيريا وأميركا الشمالية فى برودة المناخ، الأمر الذى ساعد على انقراض الكثير من النباتات والحيوانات التي كانت تعيش فى الدور الثالث.

وانتشرت هذه المتالج العظمى حتى وصلت جنوباً إلى خط يصل نهر التيمز Thames بمصببات السيرون Severn estuaries.

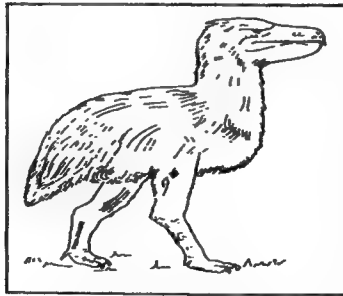
وكانت لهذه الكتل الجليدية الكبرى تأثيرات ملحوظة فى الأرض، وكانت هى المسئولة عن تذبذب مستوى البحر، وهبوط الأرض، وكذلك التغير للموسم فى نظم صرف الأنهار. وتسببت المتالج فى إزالة أطنان لا حصر لها من التربة، وأدت إلى تغير فى سطح الأساس الصخرى. وبالإضافة إلى ذلك، فلأن التلج الذى حدث فى عصر البليستوسين كان هو السبب فى تكون أعداد هائلة من البحيرات والبحيرات الجبلية الصغيرة. ومن الجدير بالذكر أن الحد الفاصل بين البليوسين والبليستوسين ليس محدداً indefinite. لكن فونة الصخور البلاتية

ذات بيئة المياه العذبة والتي كانت لا تزال تسرب، تغيرت من أنماط البحار الدافئة إلى تلك المرتبطة بالتناخ القطبي عندما سادت الظروف الأكثر برودة (وقد سبقت الإشارة إلى شواهد أثر التناخ في الفصل الثامن). وما يجب ذكره أن الكثير من ملامح سطح الأرض في شمال إنجلترا وويلز واسكتلندا قد تحدد خلال هذه الفترة الزمنية.

وبالرغم من أن الحد الفاصل boundary بين البليستوسين والعصر الحديث ليس مؤكداً بالضغط، لكنه يعتبر عادة على أنه الفترة الزمنية التي تراجع عنها آخر شرف جليدي عن أوروبا وأميركا الشمالية، وكان ذلك منذ ١٢ ألف - ١٥ ألف سنة مضت. وكانت الحياة في حقب الحياة الحديثة تتميز منذ فجر بدايتها بنباتات وحيوانات تشبه كثيراً في نواحي متعددة مثيلاتها الحالية. وراحت أهمية الثدييات إلى درجة كبيرة، حتى إنها كانت في طريقها كي تحكم الأرض. وكانت النباتات حديثة في مظهرها - وساعدت الغابات الخشبية والسهول العشبية على تشكيل ظروف بيئة مناسبة لانتشار الثدييات.

وبالنسبة إلى القوة اللافتقارية، فبالرغم من أنها كانت متشابهة مع أسلافها في الطباشيري، إلا أنها كانت تبدو أحدث في سماتها - وكانت الفورامينيفرا (المنخريات) موجودة بأعداد هائلة، وهي تستخلم حفريات مرشدة مفيدة للدراسة الدور الثالث؛ وبخاصة عند الجيولوجيين العاملين في مجال البترول. كذلك كانت المرجان corals والبريوزوا (الجماعيات) bryozoans والجلد شوكيات echinoderms (وبخاصة قنافذ البحر echinoids)، والمفصليات arthropods، شائعة (أصبحت المرجان أكثر ندرة، لكنها لا تزال موجودة في مياه بريطانيا حتى اليوم). ولكن قلت أعداد المرجانيات brachiopods التي كانت شائعة ومشرقة في حقب الحياة القديمة المبكر، ثم نقصت أعدادها وتوابعها بالتدريج. وظلت الرخويات molluscs هي أكثر اللافتقاريات البحرية انتشاراً. وبالنسبة إلى الأمونيدات ammonoids التي كانت شائعة في حقب الحياة المتوسطة، فقد حل مكانها أعداد متنوعة وغير مسبقة من رقائقات الخياشيم (المحاريات) والبطنقدميات (القواقع). وكثير من هذه الأشكال كانت تشبه كثيراً الأويستر oysters والقواقع snails التي نشاهدها اليوم.

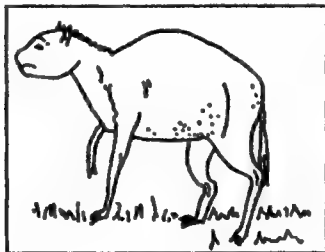
أما الحيوانات الفقارية في الدور الثالث فهي معروفة جيدا، فهناك بقايا متحفرة للأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور وعلى وجه الخصوص الثدييات. وكانت الأسماك مزدهرة، وكانت تشتمل على كثير من الأسماك العظمية وأعداد هائلة من أسماك القرش؛ التي كان يصل طول الواحد منها ما بين ٦٠ و ٨٠ قدما، وكانت لها أسنان يصل طول الواحد منها إلى ست بوصات. وكانت البرمائيات مثلثة بالسلمندر salamanders، وضفدع الطين toad والضفدع العادي frog. وتدهورت حشود الزواحف التي كانت زاهرة في حقبة الحياة المتوسطة فاقصرت على الثعابين والسحالي والثماسيح والسلاحف، التي كانت موجودة بنفس الأعداد التي توجد بها أخلافها الآن. وكانت معظم الطيور في الدور الثالث متشابهة مع الطيور الحالية، ولكن لسوء الحظ، ونظرا لأن أجسامها هشة، فلمنأ لا توجد غالبا على هيئة حفريات. ومن الأشياء المهمة في هذا الخصوص ما يسمى بالطيور العملاقة giant birds التي كانت توجد في عصور الدور الثالث، وبعض من هذه الكائنات الضخمة الشبيهة بالبع، والتي كانت لا تطير، بلغ ارتفاع الواحدة منها عشرة أقدام. وكانت تضع بيضة يصل طول الواحدة منها قدما واحدا، ومن هذه الأنواع دينورنيس *Dinornis* ودياتريما *Diatryma* (شكل ١٥٤). وقد ذكرنا سابقا انفصال أجزاء مختلفة من العالم،



شكل (١٥٤)

دياتريما *Diatryma*، طائر من الإيوسين (لا يطير)
طوله حوالي سبعة أقدام

تشمل أستراليا، وما نتج عن ذلك من توزيع الزواحف والثدييات وحيدة المسلك والجربليات والطيور التي لا تطير . وكانت الظروف المناخية في أستراليا تختلف تماما عن المناطق الأخرى في نصف الكرة الشمالي . إذ أتى العصر الجليدي تدريجيا في الدور الطباشيري، وحدثت آخر موجة جليدية في بداية عصر البليستوسين عندما بدأت أوربا تقاسى من الغزو الجليدي . وبعد ذلك أصبح المنظر قاحلا نظرا لما صاحب ذلك من عمليات التحات الريحي، فجفت البحيرات المالحة وزادت شدة القحولة (يسبب من ذلك قمم نيوزيلندا الجليدية والغابات الضبابية في غينيا الجديدة). وأصبحت الأرض مكتظة بالكثبان الرملية والعشب الغليظ والأشجار القصيرة، وذلك فيما عدا أراضى الغابات حول بيرث Perth وما بها من أشجار الكافور eucalyptus . وكان أعظم تطور في الدور الثالث هو ما حدث للثدييات؛ فكانت ثدييات عصر الباليوسين صغيرة وبدائية وتختلف كثيرا عن الثدييات الحالية . وكانت أشكال الثدييات في عصر الإيوسين أكبر حجما، وضمت أول ما ظهر من القوارض rodents والجمال Camels والكركدن rhinoceroses وكذلك hyracotherium، وهو ما يسمى بالحصان الأول "dawn horse" (انظر شكل ١٥٥) الذي ظهر لأول مرة خلال عصر الإيوسين . كذلك ظهرت لأول مرة في هذا العصر الكريودونتات creodonts وهي أسلاف آكلات اللحوم . وفي خلال عصر الأوليغوسين، اتخذت الثدييات مظهرها أكثر تطورا، واشتملت النماذج



شكل (١٥٥)

حصان من الإيوسين في حجم الثعلب

Hyracotherium (Eohippus)

المتطورة على الكلاب والقطط والجمال والأحصنة والكركدن والحناير والأرانب والسنجاب، وكذلك الأفيال الصغيرة فى أفريقيا.

كذلك عاشت خلال عصرى الإيوسين والأوليوجوسين ثدييات غريبة تختلف تماما عن الثدييات الحالية . وكانت تشتمل على الدينوسيراتا *Dinocerata* أو ونتاثيراس *Uintatheras* وهو وحش ضخم يشبه الكركدن وكان يصل ارتفاعه وهو جالس سبعة أقدام عند كتفه . كذلك ظهرت التيتانوثيرات *Titanotheres* (مجموعة من ثدييات حقب الحياة الحديثة المبكر) وقد ظهرت أولا فى عصر الإيوسين، وكانت فى حجم الخراف، لكنها بلغت أحجاما عملاقة بحلول منتصف عصر الأوليوجوسين.

وفى خلال عصر الميوسين، تنوعت الثدييات كثيرا وازدهرت، حتى إنه أطلق على عصر الميوسين «العصر الذهبى للثدييات». ويرجع هذا التطور السريع للثدييات فى معظمه إلى انتشار الحشائش التى فرشت سهول الميوسين والبرارى .

وكان من أهم الثدييات المشهورة فى تلك الفترة والتى عاشت فى أنحاء كثيرة من العالم هى الأحصنة، والجمال، والغزلان، والحناير، والكركدن. كذلك كان عصر البليستوسين له نصيب من الثدييات الغريبة التى انقرضت فى العصر الحديث . ومن هذه الثدييات التى يجب ذكرها، الكركدن العملاق عديم القرون المسمى بالوخيشيريوم *Baluchitherium* . وكان هذا الوحش هو أكبر وأضخم أنواع الثدييات فى تلك الفترة؛ فقد بلغ طوله ٣٠ قدما وطوله وهو جالس حتى كتفيه ١٨ قدما . وقد ظهر هذا الحيوان لأول مرة فى عصر الأوليوجوسين ثم انقرض خلال عصر الميوسين.

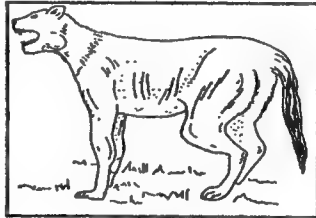
ويبدو أن هذه الحيوانات الضخمة كانت موجودة فى آسيا فقط، حيث إنه لم يعثر على بقايا لها فى أى مكان آخر.

ويعد الخنزير العملاق *giant pig* من الثدييات المهمة التى تميز عصرى الأوليوجوسين والميوسين، وكانت تسمى الأنتيلودونتات *entelodont* وقد بلغ طول هذا الحيوان ستة أقدام حتى كتفيه .

وقد تطورت ثدييات البليوسين أكثر من ثدييات عصور الدور الثالث، ففي خلال أزمنة البليوسين والبليستوسين شاع انتشار الحيوان الأرضي الضخم المسمى الكسلان giant ground sloth، ومنه جنس ميلودون *Myiodon* وقد بلغ طول الفرد منه ١٥ قدما وكان يزن آلاف الأبطال. كذلك ظهرت في أمريكا الثدييات ذات الأسنان المزخرفة glyptodonts وهي أقرباء بعيدة للثدييات المدرعة armadillos وخلال عصر البليستوسين، حدث تطور ملموس للثدييات الخرطومية proboscideans (الافيل وعشائرها).

وكان الماستودون mastodon والماموث mammoth ذو الفرو كلاهما شائعا بكثرة في أمريكا الشمالية وسيبيريا، حيث حفظت جثتهما في الجليد. وقد ثبت أن هذين الثديين عاشا في الجزر البريطانية. وقد استدل على وجود الكركدن ذى الصوف woolly rhinoceros من بقاياها التي عثر عليها في أمريكا ومن رواسب الزفت (الفار) pitch في بولندا Poland. وكانت أكلات اللحوم ممتلئة بالسميلودون *Smilodon*،

والنمر ذى الأسنان السيفية sabre - toothed وكذلك نوع *Canis dirus* أو الذئب الرهيب Dire Wolf (شكل ١٥٦) وكان حيوان سميلودون *Smilodon* في حجم الأسد وله فكوك قوية وكانت له أسنان متطورة للغاية، والفك العلوى كانت أنيابه تشبه الخناجر.



شكل (١٥٦)

الذئب الرهيب *Canis dirus*

وربما يكون أهم حدث في البليستوسين هو ظهور أول إنسان، وسوف يكون الفصل القادم مخصصا لتطور الإنسان البدائي والتاريخ الجيولوجي للإنسان.

الفصل التاسع عشر

التاريخ الجيولوجى للإنسان

THE GEOLOGIC HISTORY OF MAN

ظهر الإنسان كواحد جديد على مسرح الأحداث الجيولوجية منذ ٦٠٠ ألف عام تقريبا خلال عصر البليستوسين Pleistocene أو العصر الجليدى العظيم Great Ice Age.

يتمى الإنسان إلى رتبة الرئيسيات Primates، وهى رتبة من الثدييات تتميز بمخ متطور جدا وبأطراف طويلة وأظافر كاسية أو مفلطحة على أصابع مرنة. وتضم هذه الرتبة المتطورة أعضاء آخرين منها الليمورات lemurs، والتارسيرات tarsiers (نوع من القردة الصغيرة تكن الأشجار)، والنسانيس monkeys، والقردة apes. ويتمى الإنسان والنسانيس والقردة إلى تحت رتبة suborder أنثروبويدا Anthroipoidea. وتتميز هذه المجموعة بأمخاخ كبيرة وكذلك أعين كبيرة فى مقدمة الوجه.

والسجل الحفرى الذى نعرفه عن الرئيسيات Primates ليس كاملا - لسوء الحظ - كما يجب أن يكون وكما يريده الباليتولوجى، وبالرغم من ذلك، فمع النمو المتزايد لأبحاث الباليتولوجيا والأنثروبولوجيا، بدأ التاريخ الجيولوجى للإنسان يتضح شيئا فشيئا.

١- الرئيسيات الأولى The First Primates

عشر على بقايا ما اشتهر بأنه أقدم ممثل للرئيسيات فى صخور عصر الباليوسين بالولايات المتحدة الأميركية. وتمثل العظام التى وجدت حيوانا صغيرا،

يشبه الليمور الذى يعيش فى العصر الحاضر. وهناك ليمور بدائى آخر يسمى نورثاركوس *Northarctus* عاش فى أميركا الشمالية خلال الدور الثالث، وقد وجدت بقاياها فى بعض تكاوين عصر الإيوسين فى غرب الولايات المتحدة الأمريكية. وكان لهذا الحيوان ذيل طويل ووجه صغير، وكان يعيش فوق الأشجار ويشبه الليمور الحالى. وعلى أى حال، فإن ليمورات العصر الحاضر لا تعيش فى أميركا الشمالية، ولكنها توجد فى مدغشقر، وتوجد قلة منها تعيش فى أفريقيا وفى أندونيسيا. أما التارسير *tarsier* فهو مخلوق رقيق له أعين واسعة، وجسمه فى حجم الفأر الكبير، وظهر أيضا خلال عصر الإيوسين *Eocene*. وتعيش هذه الحيوانات فى أدغال إندونيسيا والفلبين، لكن سجلها الحفرى يدل على أنها عاشت فى أميركا الشمالية وأوروبا خلال زمن الإيوسين. وبالنسبة إلى القردة والسنايس، فقد كان أول ظهورها فى زمن الأوليجوسين المبكر. ولقد جمعت بقايا أول سناس «بارايثكس» *Parapithecus* من مصر، وكذلك أقدم قرد معروف وهو «بروليويثكس» *Propliopithecus*. وعثر أيضا على بقايا قرد آخر مهم فى زمن الميوسين فى أفريقيا، وهذا القرد يسمى بروكونسول *Proconsul*، وله صفات تشريحية معينة، توحي بأنه من أسلاف الشمبانزى *Chimpanzee* والغوريلا *Gorilla* والإنسان *Man*.

٢- القردة الشبيهة بالإنسان *The Manlike Apes*

عثر على بقايا مجموعة من القردة التى تشبه الإنسان والمعروفة باسم أوسترا لوبيثيكينات *Australopithecines* أو القردة الجنوبية فى رواسب كهوف البليستوسين فى جنوب أفريقيا. وكان أول قرد من هذه المجموعة ويسمى *Australopithecus africanus*، قد اكتشف فى عام ١٩٢٥ وكانت بقاياها تتكون من جمجمة غير كاملة مثل جمجمة طفل عمره خمس سنوات. وخصائص هذه البقايا والكسر الهيكلية التى اكتشفت فيما بعد تشير بأن هناك علاقة بنوية وثيقة بين هذا القرد والإنسان الأول. وعلى كل حال فإن العلماء لا يتفقون تماما على الوضع التطورى لهذه المخلوقات البدائية. فبعض العلماء يعتقد أنهم كانوا أول بشر عرف فى التاريخ. بينما يعتقد البعض الآخر أن هذه المخلوقات كانت نهاية مجموعة من القردة التى تشبه الإنسان. وبالتالي فهى ليست أسلافا للإنسان. وفيما

عدا قدرته العقلية الضئيلة، فقد كان هذا المخلوق «أسترالوبيثيكاس» مخلوقا متطورا نسبيا، فقد كانت له قامة متصببة، ويمشى على قدمين، وكان يبلغ خمسة أقدام فى الطول؛ وكان يتميز برأس تشبه رأس القرد ويفكين قوين، وكانت أسنانه تشبه أسنان الإنسان.

٣- من إنسان ما قبل التاريخ إلى الإنسان الحديث

From Prehistoric to Modern Man

وجدت بقايا أول إنسان (أو ما يشبه الإنسان)، فى صخور من عصر البليستوسين المبكر فى أفريقيا. ولحق بهذا الإنسان المبكر تنابع من أشكال الإنسان فى البليستوسين المتوسط والمتأخر ولقد استدل على هذه الأشكال البشرية البدائية من بقايا هياكلها ومن الأدوات التى كانوا يستعملونها (مثل الأدوات البسيطة والأسلحة التى ترجع إلى ما قبل التاريخ، ولقد سميت بقايا الإنسان القديم بأسماء تنسب إلى الأماكن الجغرافية التى عثر على هذه البقايا فيها لأول مرة. وعلى هذا فإنسان بكين Peking Man (*Sinanthropus pekinensis*) يعنى رجل صينى عاش فى عصور ما قبل التاريخ بالقرب من بكين Peking فى الصين.

● إنسان شرق أفريقيا East Africa Man

وجدت بقايا أول كائن يعتقد أنه كان أول إنسان معروف فى صخور البليستوسين المبكر فى خائق أولدواى Oldoway Gorge فى تنزانيا بشرق أفريقيا. وهذه البقايا تتكون من فك سفلى وعظمتين لجمجمة، وعظام قدم وعظمة ترقوة وبعض عظام اليد. ويعتقد أن هذه البقايا كانت لطفل عمره بين أحد عشر عاما وإثنى عشر عاما. ووجدت مع هذه البقايا، عظام لشخص آخر يرجح أنها بقايا هيكل عظمى لشخص أكبر سنا.

وهذه العظام التى يقدر عمرها بأكثر من ٦٠٠ ألف سنة، هى أقدم عمرا من (زنجانثرويس بويسى *Zinjanthropus boisei*) (المسمى بإنسان شرق أفريقيا) والتى اكتشفت بقاياها فى خائق أولدواى Olduvai Gorge عام ١٩٥٩. والجمجمة التى وجدت هى فى الأصل جمجمة لشاب فى الثامنة عشرة من عمره. ولقد

اكتشف كل هذه البقايا مجموعة حقلية برئاسة الدكتور لويس س. ب. ليكي Louis S.B. Leakey والذي كان يعمل مديرا لمتحف كينيا القومي بمدينة نيروبي. ومع هذه الهياكل القديمة، وجد دكتور ليكي ومجموعته العلمية أشكالا مختلفة من الأدوات البدائية المصنوعة من الحصى pebbles وبقايا حيوانات بليستوسينية منقرضة.

أما ريتشارد Richard نجل الدكتور ليكي، فقد حول اهتمامه من أولدفاي Olduvai إلى بحيرة رودلف التي تقع في المنطقة الصحراوية الشمالية من كينيا، حيث قام بوصف ١٠٠٠ ميل مربع من رواسب البحيرة، كمتحف طبيعي للحفريات. ولقد تم اكتشاف كسرات هيكلية لنحو مئة فرد من ضمنها جمجمة تتنازع عليها آراء العلماء وهي محفوظة في المتحف القومي بكينيا في شرق رودلف ورقمها بالمتحف «KNM - ER 1470» وكانت هذه الجمجمة قد اكتشفت في شهر يوليو عام ١٩٧٢.

هذا، وقد توالى الاكتشافات بعد ذلك فعثروا على بقايا اثني عشر فردا من الجنس البشري *Homo*، في الطبقات نفسها التي بها «أوسترالوثيكس»، مما يدل على أن الجنس البشري لم ينحدر من سلسلة أسترالوثيكس، كما كان يعتقد ذلك الدكتور ليكي، والد ريتشارد. ولقد أدت هذه الاكتشافات إلى خلافات علمية، كما أنها حثت العلماء على إعادة النظر في كثير من النظريات القائمة. وربما تؤدي الاكتشافات التي تأتي فيما بعد إلى العثور على أدلة مقنعة.

«إنسان جاوة القردى Java Ape Man»

جمعت بقايا هذا المخلوق البدائي الشبيه بالإنسان في عام ١٨٩١ بالقرب من قرية ترنيل في جاوة. وإنسان جاوة هو الإنسان القردى المنتصب القامة الذي يطلق عليه رسميا اسم ييشيكا ثرووبوس إركتس *Pithecanthropus erectus*. ومن المرجح أن إنسان جاوة عاش منذ ٤٠٠ ألف سنة إلى ٥٠٠ ألف سنة. ولقد وجدت عظامه مع بقايا أفيال منقرضة من عصر البليستوسين وكفلك خرايت وتابيرات tapirs منقرضة من عصر البليستوسين أيضا. وعند إعادة تركيب بقايا *pithecanthropus* تبين أن طوله كان ٥,٥ قدم، وكانت له جمجمة

عريضة تشبه جمجمة القرد، وتتميز بجبهة منحذرة وأنف أفطس وفك بلا ذقن؛ لكن أسنانه مقاربة لاسنان البشر، وقدرته العقلية تتفوق على متوسط القدرة العقلية للقرد البالغ (انظر شكل ١١٥٧).

• إنسان بكين Peking Man

يطلق على هذا الإنسان اسم سينانثروپاس بكينيتز *Sinanthropus Pekinensis*، وقد استدل عليه من بقايا حفرة لنحو أربعين فردا منه كانوا يعيشون في وقت ما في منطقة بكين بالصين، وفيما عدا قدرته العقلية الكبيرة فإن إنسان بكين يشبه في كثير من صفاته الجسمية إنسان جاوة. ويرى بعض العلماء أن إنسان بكين يجب أن يعد من نفس الجنس الذي يتنى إليه إنسان جاوة. ولذلك فيجب أن يسمى يشكانثروپس بكينيتز *Pithecanthropus pekinensis* بدلا من *sinanthropus pekinensis*. وعلى أى حال فإن بعض علماء الأجناس (الأنثروبولوجيا)، يعتقدون أن إنسان بكين أكثر تطورا من إنسان جاوة. حيث إنه كان يستخدم أدوات بدائية مصنوعة من الحجر، وكان يجيد استخدام النار والسيطرة عليها. وهناك اتجاها قائم عند بعض علماء علم الحيوان، وهو أن يضعوا كل البقايا الحفرية للإنسان في جنس واحد يسمى هومو *Homo*، (انظر فيما بعد). وعلى هذا الأساس فيجب أن يسمى إنسان جاوة باسم هومواركتس *Homo erectus*، وإنسان بكين اسم *Homo erectus pekinensis* (تحت نوع من إنسان جاوة).

• إنسان هايدلبرج Heidelberg Man

تكون أقدم حفرة أوربية لإنسان وتسمى 'هومو هايدلبرجنسز' *Homo heidelbergensis* من روج من الفكوك السفلية وستة عشر سنا محفوظة حفظا جيدا، ويسمى هذا للخلوق إنسان هايدلبرج *Heidelberg Man*، وقد عثر على بقايا هذا الإنسان بالقرب من هايدلبرج في جنوب ألمانيا، ومن المحتمل أن يكون هذا الإنسان قد عاش منذ ٤٥٠ ألف سنة تقريبا؛ وربما يكون هو الحلقة الوسطى بين الإنسان والقرد. ويرى بعض العلماء أن إنسان هايدلبرج، ربما يكون هو السلف الأقرب لإنسان نياندرتال *Neanderthal Man* (انظر فيما بعد).

• إنسان نياندرتال Neanderthal Man

من المحتمل أن يكون أشهر إنسان حضري هو إنسان نياندرتال الذي كان متشرا انتشارا واسعا في أوروبا وآسيا خلال البليستوسين المتأخر - وقد عثر على أول بقايا لإنسان النياندرتال عام ١٨٥٦ في منطقة نياندرتال (Neandertal)، وهو واد في الشمال الغربي لألمانيا، لكن هذه البقايا لم يعترف بها ككوع بشري محدد إلا في عام ١٨٦٤. ولقد ساعدت الأعداد الكبيرة للبقايا النياندرتالية على تزويد علماء الحفريات بصورة واضحة عن الخصائص الجسمانية لهذه المجموعة المبكرة. فكان الفرد الممثل لهذا النوع يبلغ طوله خمسة أقدام، وكان ذا كفين منحنيين، وركبته كانتا قميلان إلى الانحناء، مما يضمن على جسمه مظهرا مرتخيا. وكان رأسه كبيرا (كما يوحي بأن قدرته العقلية تقارب الطاقة العقلية للإنسان الحالي). وكان يتميز بأنف أفتس وذقن متراجعة وجبهة ضيقة وحيود حاجبية ثقيلة (شكل ١٥٧ ب).

ويدو أن إنسان نياندرتال كان من سكان الكهوف، ومن ثم تسميته إنسان الكهف cave-man. وكان يصنع أدوات جيدة من الحجارة، كما أنه كان يجيد استخدام النار، وهناك ما يدل على أنه كان يدفن موته.

وبالرغم من أن إنسان بلتدون Piltown Man، لم يعد له وضع علمي، إلا أنه تجب الإشارة إليه في أية دراسة لحياة الإنسان فيما قبل التاريخ. فهذا الرجل الحفري كان محورا لأعظم خديعة علمية وردت في التاريخ؛ فبقاياه التي سميت علميا باسم إيونثرويس دوسوني *Eoanthropus dawsoni* جمعت من رواسب جرولية من البليستوسين بالقرب من بلتدون في سامكس Sussex بالإنجلترا. وكانت الجسمجة بشرية بالتأكيد، لكن الفك السفلي والاستان كانت تشبه تلك التي للقرود. وهذا الاختلاف الكبير بين الفك والجسمجة أثار شكوك العلماء، وكذلك الظروف التي وجدت فيها الجسمجة عند اكتشافها - وأخيرا وبعد أربعين عاما من البحث المكثف، ثبتت أن حضرية بلتدون ما هي إلا جسمجة بشرية حديثة، كسط سطحها وصيغ بعناية وكان الفك السفلي لفرد من الأورانج لوتان orang-utan.

Modern Man الحديث

ظهر أول إنسان حديث (هو النوع الذى نسمى إليه أنت وأنا) منذ ٣٥ ألف سنة. واسمه العلمى *Homo sapiens* هوموسابينز. وسمى هذا الإنسان القديم باسم كرو-ماجنون Cro-Magnon، ذلك لأن بقاياه كانت قد اكتشفت لأول مرة فى منطقة كرو-ماجنون الصخرية فى وادى دوردون Dordogone بفرنسا عام ١٨٦٨. ويوجد عدد كبير من الهياكل العظمية المحفوظة حفظا جيدا. وكان هذا الإنسان يتميز بقوة البنية وغلظ القسما (كثير من الهياكل زاد طولها عن ستة أقدام)، وكان إنسان كروماجنون يمشى بقامة منتصبه وله جمجمة حديثة المظهر وذقن سوية النمو، وأنف مدبب وجبهة عالية (شكل ١٥٧ ح) وكانت الأدوات التى يستخدمها هذا الإنسان مصنوعة بدقة من الحجارة والعظم وقرون الحيوانات. وكان يتمتع بمواهب فنية دلت عليها الرسومات التى وجدت على جدران الكهوف التى كان يسكنها، مما يثبت التطور العقلى المتفوق لذلك الإنسان.



شكل (١٥٧)

جمماجم متحفرة للإنسان

ج- إنسان فيلدرثال.

ب- إنسان جاوا.

أ- إنسان كروماجنون.

هكذا تطور الإنسان ووصل *Homo sapiens* إلى بريطانيا. وكانت أقدم بقايا لهذا الإنسان الحديث قد عثر عليها فى سوانزكومب Swanscombe فى كنت Kent. وكان ذلك فى أثناء الفترة بين الثلجية interglacial الثانية. لكن الغزو الحقيقى لهذا الإنسان جاء بنهاية العصر الجليدى Ice Age. أما بقية قصة تطور الإنسان، فهى تنتمى إلى علم الأنثروبولوجيا وعلم الآثار والتاريخ.

الفصل العشرون

تكتونية الألواح

PLATE TECTONICS

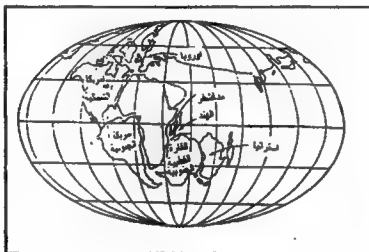
١- الانجراف القارى Continental Drift

كان لاكتشاف الغاز والزيوت تحت مياه بحر الشمال أثر عظيم وأهمية اقتصادية قصوى، لدرجة أن هذا الاكتشاف طغى على كل البحوث التى أحدثت تغييرا فى المفاهيم خلال العشرين سنة الأخيرة تقريبا. وبنفس القدر الذى تطورت به التكنولوجيا المعقدة، تطورت قدرتنا على استكشاف explore وتفسير interpret أحداث الماضى الجيولوجى. وهذا قد حوّل انتباه الجيوفيزيقيين وعلماء البحار مرة أخرى إلى قاع المحيط، وأدى إلى ثورة علمية جعلتنا نعيد التفكير فى كثير من الأفكار التى تخص كوكبنا.

ويستطيع أى واحد منا معه نموذج لكوكب الأرض أو أطلس للعالم، أن يلاحظ أن الساحل الشرقى لأميركا الجنوبية والساحل الغربى لأفريقيا يتشابهان بحيث يكمل أحدهما الآخر. وظل المستكشفون الأوائل لقرون عديدة يتساءلون عما إذا كان هناك تكامل دقيق بين تعرجات الساحلين من علمه.

ومنذ أكثر من ٥٠٠ سنة، افترض السير فرانسيس يكون Sir Francis Bacon أن هذه العلاقة ليست من قبيل المصادفة. ومن هنا نشأت الفكرة بأن أميركا الجنوبية وأفريقيا كانتا جزءا واحدا، ثم انفصلتا إلى جزئين المنحرفا وتباعدا أحدهما عن الآخر (شكل ١٥٨). وإذا كان هذا الافتراض صحيحا، فإن الحفريات والأدلة الأخرى تشير إلى أن هذا الانجراف القارى قد حدث قبل الدور

البحر الأبيض المتوسط، ثم تبع ذلك انفصال كتلة كبيرة من اليابسة أدت إلى انفصال قارة أستراليا وأجزاء أخرى انجرفت وتباعد بعضها عن بعض. وقامت على هذا محاولات كثيرة لكي تبيد لغز لعبة القطع المتعرجة jigsaw إلى شكلها الأصلي المتكامل. وفي بداية هذا القرن، كانت محاولة هوارد بيكر Howard Baker مهمة، حيث وضع تصورا لطريقة انفصال أجزاء القارات بعضها عن بعض. وقد مكّنه هذا من مضاهاة السلاسل الجبلية الحديثة من قارة إلى قارة أخرى. وثمّ هذه الفكرة، التي لم تكن مجرد افتراض، ثم ما لبثت أن أصبحت غير مقبولة وذلك بشكل متكرر، إلى أن ظهر دليل جديد في نهاية الخمسينيات والستينيات أدى إلى ارتقاء هذه الفكرة فأصبحت نظرية، يأخذ بها كثير من العلماء حاليا.



شکل (۱۵۸)

الترويق المحتمل للمقاربات قبل الانجراف القاري، لا تزال هناك مناقشات وتضارب حول بعض الحدود. لكن الموافقة على الانجرافات الأفريقية-الأميركية والأسترالية-القطبية الجنوبية تلاحظ، فهي لا كثير!

وفي عام ١٩٥٨ استطاع جيولوجي من تسمانيا هو س. و. كاراي S.W. Caray أن يصنع نموذجاً ضخماً للككرة الأرضية مثل فيه القارات بأشكال بارزة من مادة البرسيكس perspex وأوضح أن أجزاء القارات بتعرجاتها من الممكن أن

تتداخل مع بعضها لتعطى شكلا متكاملا. ومع تطور تكنولوجيا الحاسبات؛ استخدمت تلك الوسيلة القوية فى حل اللغز، وإنه لمن المدهش أن آخر دراسة قام بها السير إدوارد بولارد Sir Edward Bullard فى كمبردج باستخدام الحاسبات وأجريت على تكامل شكل القارات بحيث يكمل بعضها البعض، أن كانت النتائج متفقة مع النموذج والدراسة التى قام بها كاراي. وقد وجد أن أفضل خط لاستكمال الشكل يقع عند خط كتور ١٠٠٠ متر تقريبا.

ويعد أن تعددت الأدلة عن تكامل القارات بعضها مع بعض، كان السؤال هو «كيف؟» «ولماذا؟» كان لا بد من حدوث ذلك. ولا بد أن الأسباب causes والقوى forces التى تسببت فى حدوث ذلك، كانت قوى جيولوجية هائلة ومهمة. وللإجابة عن هذه المشكلة فإن هذه القوى لا بد وأن تكون موجودة فى باطن الأرض.

٥- حيد وسط المحيط Mid - Ocean Ridges

ظل معروفا لفترة من الزمن أن المحيط الأطلنطى كان أكثر ضحالة فى وسطه عنه فى أجزائه الأخرى. ويوجد خط من جزر وسط المحيط يمتد فى اتجاه الجنوب من أيسلندا حتى جزر الأزور Azores وجزر أسنشان Ascension Islands وإلى ماوراء ترستان دا كونهها Tristan Da Cunha. وكثير من هذه الجزر هى بركانية الأصل.

يوجد نوعان مميزان من البراكين يتشيران حول العالم، وتتميز سلاسل الجزر البركانية الموجودة فى نطاق حيد وسط المحيط الأطلنطى بأنها من النوع البازلتى الساكن، وهى تختلف عن الثوران البركاني الأنديزيتى العنيف andesitic eruptions الذى يوجد حول المحيط الهادى Pacific Ocean. وأحدث جزر العالم هى جزيرة سورتسى Surtsey والتى تصدّر اسمها عناوين الصحف عام ١٩٦٣ حيث اعتبرت أنها وصلة أخرى (رابطة) فى هذه السلسلة المحيطية. ومنذ ٢٥ عامًا اكتشف أن هذه الجزيرة هى مجرد ظاهرة سطحية لحيد كئلى تحت بحرى. ويبلغ عرض هذا الحيد مئات عديدة من الكيلو مترات، وارتفاعه حوالى ثلاثة كيلو مترات أو أكثر ويوجد فى هذا الحيد واد انخسافى مركزى central rift valley، وله عرض وعمق مثل الوادى الانخسافى بشرق أفريقيا.

وقد أوضحت الدراسة التى تلت ذلك أن هذا الحيد كان جزءاً من نظام حيدى يمتد بعرض العالم لمسافة ٨٠ ألف كيلو متر (٥٠ ألف ميل). وهناك حيود شبيهة تنصف المحيط الهادى والمحيط الهندى، وتتصل هذه الحيود الثلاثة بحيد يمتد بين جنوب أفريقيا وأستراليا Australasia وأنتاركتيكا Antarctica، وجميع هذه الحيود لها نظام انخسافى ملحوظ.

وقد لوحظ أن خط حيد للمحيط الأطلنطى يتبع خط الساحل المكمل لأفريقيا وأمريكا. ومع استمرار البحوث وتقدمها، أصبح واضحاً أنه كانت هناك رواسب قليلة جداً على طول الحيود وأن السطحية التى تكونت على بقية أرضية المحيط كانت أرق مما هو متوقع. كذلك فالأكثر إثارة للاستغراب هو أن أقدم المواد المعروفة لم يزد تقدير عمرها حيثذ على مئة مليون عام.

٢- انتشار أرضية البحر. Seafloor Spreading

فى عام ١٩٦٠ تقدم العالم الراحل هيس^١ Hess من جامعة برنستون بفكرة جريئة سميت «انتشار أرضية البحر» وكانت فكرة جديدة تماماً ثم ما لبثت أن أصبحت مقبولة من الغالبية. افترض «هيس» أن هذه الحيود توجد فوق تيارات حمل رافعة rising convection currents تنبع من وشاح الأرض؛ واقترح هيس أن القشرة المحيطية الرقيقة نسبياً قد استمدت من الوشاح الصخرى عند الحيود، وأنها كانت تنتشر ببطء متعلقة عن تيارات الحمل الرافعة.

وعلى افتراض أن الانجراف القارى هو حقيقة واقعة، وأنه حدث بعد الدور الجوراسى post - jurassic، فقد قام هيس بعمليات حسابية ذكر على أساسها أن هذا الانتشار يحدث بمعدل مستثمر واحد أو مستثمرتين فى العام على أحد جانبي الحيد، وإذا كان ذلك صحيحاً، فإن مجموع الانتشار للقشرة المحيطية المتكونة، يكون عمره أقل من ٢٠٠ مليون سنة. وبالمفهوم الجيولوجى، فإن هذه المدة تعد قصيرة جداً بل درجة تثير الدهشة إذا ما قورنت بالتقديرات الحديثة لعمر الأرض التى يقدر عمرها بحوالى ٤٥٠٠ مليون سنة. وإذا كانت افتراضية هيس صحيحة، فإن أكثر من نصف سطح الأرض يكون قد تكون فى الجزء الأخير من العشرين جزءاً التى يفترض أنها تكونت فيها الأرض. ولفترة زمنية كان يعتقد أن الأرض تتمدد،

لكنه قد ثبت أن هذه الفكرة ليست صحيحة. وعلى ذلك، فلو أن كل هذه المادة قد استحدثت، فإن جزءا منها لا بد أن يكون قد دمر في مكان ما ليعوض هذه العملية.

• الخنادق Trenches

منذ حوالي مئة عام تقريبا، أجرى أول تسجيل لسير الأغوار بالقرب من الساحل الشرقي لطنجا Tonga. وما أثار دهشة قبطان السفينة، أنه كان عليه أن يمد سلكا طوله ٧٠٠٠ مترا (٢٤ ألف قدم) قبل أن يصل السلك إلى قاع المحيط. وحديثا سجل معهد سكريبس لعلوم البحار عمقا في المحيط يزيد على عشرة آلاف متر (٣٥ ألف قدم). وهذا العمق الهائل يزيد على ارتفاع أعلى قمة جبلية في العالم «قمة إفرست» بحوالي كيلو متر. هذا الغور الهائل الذي يشبه في شكله حرف V والذي يعرف باسم الخندق trench هو واحد من أمثاله العديدة التي تحدد المحيط الهادى. وبشكل عام فإن هذه الأغوار تكون عادة ذات عرض لا يزيد على مئة كيلو متر، لكن الواحد منها قد يمتد طوله ثلاثة آلاف أو أربعة آلاف كيلو متر.

وفى هذه الأغوار وجد العالم هينر كلا لمشكلته فى افتراضيته، فبينما حيود وسط المحيط تملو التيارات الرافعة الآتية من داخل الأرض، فإن الأغوار تمثل الطرف المتجه إلى أسفل لتيارات الحمل. وهنا صادفت أرضية المحيط المنتشرة حاجزا إما من قوس جزيرة أو من قارة، فسأدى ذلك إلى هبوطها تحتها. وعندما غطت سطائح القشرة الأرضية إلى أسفل، تم إعادة امتصاصها reabsorbed إلى داخل وشاح الأرض. ويدعم هذه النظرية حدوث الزلازل ونشاط البراكين بالقرب من هذه الخنادق. وقد أوضحت الدراسات الحديثة أن الزلازل العميقة تحدث داخل حزام ضيق لا يزيد عرضه على عشرين كيلو متر. وهذا الحزام الزلزالي يعرف باسم نطاق بنيوف Benioff نسبة إلى هوجو بنيوف، الذى لاحظ هذا النمط من الزلازل حول المحيط الهادى لأول مرة. وهذا الحزام الزلزالي يتجه إلى أسفل بزاوية قدرها ٤٥ تقريبا خلف هذه الخنادق. وعندما تفرغ (تهبط) القشرة المحيطية مع الجزء الأعلى القصيف brittle من وشاح الأرض، فإنه ينتج عن ذلك

تغيرات هائلة فى الضغط ودرجة الحرارة، مما يؤدى إلى تغيرات فيزيقية وكيميائية فينتج عن ذلك حدوث هذه الزلازل. ويتمركز أعمق زلزال أمكن تسجيله على عمق يزيد قليلا عن ٧٠٠ كيلو متر (٤٢٠ ميل)، مما يوحى بأن المواد التى طرأت عليها تغيرات مختلفة وتوجد أسفل هذا العمق، تم إعادة امتصاصها فى الوشاح الصخرى.

وتوجد مراكز الزلازل الضحلة أمام وأسفل الخنادق. وتنتج عن القشرة المحيطية، التى تتميز بكثافة منخفضة نسبيا، جاذبية وشذوذ مغنطيسى تم تسجيلهما فى مناطق الخنادق (الأغوار).

وعندما تهبط هذه المواد المنخفضة الكثافة تصبح أطرافها أكثر حرارة، ويتم طرد الغازات المتطايرة والمياه الموجودة فى الأطراف المتغيرة، فتصعد إلى السطح على هيئة أنواع من البراكين ذات التركيب الأنديزيتى المتفجر والتى تشكل حلقة ثورانية حول المحيط الهادى.

هل كانت هناك أدلة تدعم الفكرة الذكية للعالم «هيس»؟ لم يمض وقت طويل حتى اكتشف علماء الجيوفيزياء الذين يدرسون المغنطيسية القديمة، أدلة ملموسة أخرى من القارات وأرضيات المحيطات التى تنجرف وتنتشر. وتحتوى معظم الصخور النارية، مثل اللابة التى تخرج على طول الحيدود الوسطى للمحيطات، على معادن حديدية، وهذه عند انبثاقها تكون على درجة حرارة لا تتكون المغنطيسية فوقها. وعندما تبرد اللابة، فإن جسيمات الحديد ترتب نفسها طبقا للمجال المغنطيسى السائد للأرض. وباستمرار برودة اللابة يتجمد هذا الاتجاه المغنطيسى داخل المعادن الحديدية. وبطريقة أكثر تعقيدا، فإن هذا الاتجاه المغنطيسى، يتم تقييده عندما تتحول المواد إلى صخور رسوبية جديدة خلال الأزمنة الجيولوجية.

واقترح عالمان بريطانيان من علماء المحيطات، وهما فردريك ج فين Fredrick J. Vine ودراموند ج. ماثيوس Drammond H. Matthews إن المجال المغنطيسى للأرض يتحول إلى عكس اتجاهه من حين لآخر، وأن هذه التغيرات الشاذة تنعكس فى اتجاهات الترتيب المغنطيسى المتجمد فى اللابة المنبثقة والمتبردة من

الفترة المحيطة. وفي بداية الستينيات، كانت هذه الفكرة معقولة ومثيرة، لكن لم تكن هناك أدلة لإثبات صحتها. وفي نفس الوقت، تقدمت الطرق التقنية لتقدير عمر الصخور، بالطريقة الإشعاعية radioactive dating وأصبح من الممكن تقدير عمر اللابة بشكل دقيق. وقد تدعمت فكرة - ماتيوس وفين، حينما تبين أن اللابة التي جمعت من جميع أراضي المحيطات ولها نفس العمر يكون لها الاستقطاب نفسه polarity. وبنهاية الستينيات أصبح من الممكن رسم مقياس زمني time-scale للانعكاسات التي طرأت على اتجاه المجال المغنطيسي للأرض خلال الثلاثة ملايين ونصف عام الماضية. ودعمت ذلك أيضا الدراسات التي أجراها العلماء على الصخور الرسوبية في قيعان المحيطات واستخرجت جسات cores كاملة من الرواسب التي تقع فوق اللابة، ودرست، حيث لوحظ وجود نفس تتابع فترات الانعكاس والانعكاس للمجال المغنطيسي.

وكان هذا الدليل مقنعا بقدر كاف وأثبت أن هذا الانعكاس حدث خلال الثلاثة ملايين ونصف عام الأخيرة. ولسوء الحظ لم تكن هذه الوسائل التقنية لتقدير عمر الصخور مضمونة في الصخور الأقدم من ذلك. ولكن هل من المعقول أن ما تم تطبيقه بنجاح على فترة وجيزة نسبيا من الزمن الجيولوجي، يصح تطبيقه على فترة تزيد على ٢٠٠ مليون عام لانتشار قاع المحيط ؟ وإذا كان افتراض «هس» بأن انتشار قاع المحيط الذي يحدث من عند الحيد بمعدل ستمترات قليلة في السنة، وكان اقتراح «ماتيوس» وفين» عن الانعكاس المغنطيسي صحيحا، ففي هذه الحالة يمكننا الوصول إلى استنتاجات يمكن اختبار صحتها ميدانيا. وقد أمكن التنبؤ بوجود حدوث نمط banding مواز للحيد الوسطى للمحيط، وأنه يجب أن يكون متماثلا على جانبي الحيد وبالإضافة إلى ذلك فيجب أن يكون هذا النمط متشابها في النظام الحيدى بأكمله.

وبحلول عام ١٩٦٨ ثبتت صحة هذه الفكرة، على الأقل بالنسبة للخمسة وسبعين مليون عاما الماضية. وقد درس بالتفصيل جزء من حيد ريكجيتز Reykjanes ridge الذي يمتد في الاتجاه الجنوبي الغربي من أيسلندا، ولوحظ أن التشابه في النمط كان ملحوظا على جانبي الحيد. وتتواصل الآن البحوث الخاصة بالمحيطات شمال وجنوب المحيط الهادى على طول حيد المحيط الهادى

الأناركتي Pacific - Antarctic ridge وأيضا في المحيط الهندي وبقيّة المحيط الأطلنطي. وأمكن مضاهاة عملية انتشار قاع للمحيط في كل موقع من حيد لآخر.

وطبقا للنتائج التي أمكن التوصل إليها، أصبح من الواضح استنتاج أن عملية الانتشار لم تحدث بمعدل منتظم من حيد لآخر، لكنه كان من الممكن مقارنة هذا المعدل بين نظام system وآخر.

وفي عام ١٩٦٩ بدأ مشروع الحفر العميق في المحيطات والمسمى "JOIDES" أول مراحله عند خمسين موقعا تقريبا في المحيطين الهادي والأطلنطي وكان من ضمن المهام الموكلة إلى فرق البحث التأكد من فكرة انتشار أرضية قاع البحار.

ويبدأ الحفر في ثمانية مواقع حول خط عرض ٣٠ جنوبا، وفحصت جسات cores الصخور الرسوبية التي تعلو تدفقات اللابة البازلتية، وأمكن استخراج سبعة مقاطعات seven sections كاملة لهذه الصخور الرسوبية من بين المقاطعات الثمانية التي كانت قيد الدراسة. وأوضحت نتائج هذه الدراسة أنه يوجد معدل ثابت لعملية انتشار قاع للمحيط بحوالي ٢ سم كل عام. وقد وجد أن عمر أقدم الصخور الرسوبية التي تعلو الصخور البركانية وتختلط بها تتناسب طرديا مع المسافة التي توجد عندها العينة في الحيد المحيطي.

ومن خلال هذه الأدلة الحديثة، تمكن العلماء من حساب المساحة التقريبية التي تشغلها القشرة المحيطية التي تكونت خلال حقبة الحياة الحديثة Cainozoic Era وقد قدر أن حوالي ٥٠٪ من قشرة قاع للمحيط الحالية وكذلك الرواسب التي توضع فوقها عمرها أقل من ٦٥ مليون سنة تقريبا. وأصبح واضحا أن حوالي ثلث سطح الأرض قد تكون في خلال فترة زمنية تمثل أقل من ٢٪ من عمر الأرض. ومن الأرجح أن النصف الآخر من القشرة للمحيطية قد تكون خلال حقبة الحياة المتوسطة Mesozoic Era.

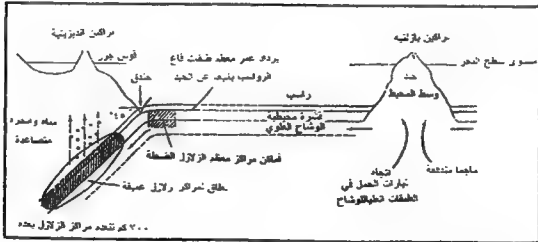
وفي الوقت الحالي فإن أقدم عينة استخرجها فريق البحث للحفر العميق في البحار (JOIDES) يرجع عمرها إلى أكثر من ١٥٠ مليون سنة تقريبا، وهذا يقابل منتصف الدور الجوراسي.

• صدوع التحويل Transform Faults

فى الوقت الذى أنجزت فيه هذه التطورات، كان ويلسون J. T. Wilson يقوم بدراسة نوعية جديدة من نظم الصدوع أطلق عليها اسم صدوع التحويل، وفى كثير من الحالات، تعبر هذه الصدوع حيويد وسط المحيط عموديا عليها ناقلة أجزاء من الحيويد (مسافات ليست قصيرة)، ويستمر الانتشار على جانبي الحيد المصدوع. وأدت هذه الدراسة إلى زعزعة فكرة العالم «هس». وتبع ذلك إعادة التفكير فى هذا المجال، إذ برزت صعوبة فى تصور قدرة تيارات الحمل التى تتصاعد من باطن الأرض على التزحزح والاستمرار لمسافات تزيد على عشرات أو مئات الكيلومترات من موقعها الاصلى.

٢- تكتونية الألواح Plate Tectonics

كانت نتيجة البحوث الجيدة التى قام بها العلماء: «هس» و«فين» و«ماتيسوس»، والتى ثبت صحتها بالأدلة الملموسة، أن بزغت نظرية جديدة أمكن تطبيقها على نطاق العالم بأكمله (شكل ١٥٩). وقد طور العالم مرجان "Morgan" بجامعة برنستون من عمل العالم «ولسون» عن حيويد وسط المحيط وارتباطها بصدوع التحويل Transform Faults. وقد ثبت اتفاق النتائج التى توصل إليها مع النتائج الأخرى التى توصل إليها مستقلا العالم ماكنزى



شكل (١٥٩)

تمثيل تخطيطى لانتشار ارضية قاع
البحر والنشاط التكتونى المصاحب

"Mackenzie" بجامعة كمبردج والعالم باركر Parker من معهد سكريبس لعلوم البحار. وأدت أبحاثهم المنشورة حول «التكتونية الحديثة للعالم» والتطورات التي لحقتها حول نظرية «تكتونية الألواح» والتي شاع انتشارها، إلى ثورة في كل معالم الدراسات الجيولوجية والدراسات المرتبطة بها.

وتبنى هذه النظرية على أساس مفهوم أن سطح الأرض بأكمله، ينقسم إلى نحو ستة ألواح كبيرة ورقيقة نسبياً، يبلغ سمك الواحد منها حوالي مئة كيلو متر، وقد يكون اللوح محيطياً تماماً أو قد يحمل تكويناً قارياً ضخماً. وتتحرك هذه الألواح حركة نسبية في اتجاه بعضها البعض أو في اتجاه محور دوران الأرض، وذلك بصفة مستمرة. وإذا كان الأمر كذلك، فإنه من الواضح أن هذه الألواح تتقابل وتتحرك بعضها عكس بعض، ويتبع عن ذلك آثار جيولوجية مهمة، وأنها ستكون مواقع لآماكن حدوث التأثيرات العنيفة التي نمر بها. وأمكن تمييز ثلاثة أنماط من الحدود أو الوصلات:

الحدود البنائية Constructive Boundaries

إحدى الطرق التي تتقابل بها هذه الألواح تعرف باسم الحدود المتباعدة divergent أو البنائية constructive. فتقابل الألواح المتجاورة عند الحيد المحيطية أو ما يسمى بالمنايع. وتكون في هذه الحالة طبقة قشرية يصاحبها ثوران بازلتي وتدفقات لابة. وعندما تتكون هذه المواد الجديدة، تبدأ في التباعد بمعدل يتردد بين ٢ سم و ٩ سم عن المصدر، مما يؤدي إلى الانتشار الذي أشرنا إليه سابقاً في هذا الباب.

ومن الجدير بالذكر أن اللوح الكبير الذي يحمل قارة أفريقيا له حدود بنائية على جانبيه الشرقي والغربي، ويمتد هذا اللوح من الحيد الأطلنطي شرقاً عبر أفريقيا إلى حيد المحيط الهندي. وبما أنه لا يوجد خندق بين الحيدين، وأن كلتا هاتين الحافتين هما مصدر هذه المواد المنتشرة بمعدل يتردد بين ٢ سم و ٩ سم في العام، فإن هذا اللوح يتزايد حجمه بمعدلات ثابتة.

الحدود الهدامة Destructive Boundaries

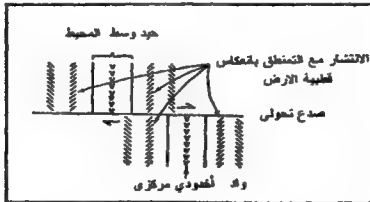
هذه على التقيض من النوع السابق؛ وتسمى الحدود الهدامة destructive أو المتلاقية convergent. وتوجد هذه الحدود التي تسمى أيضاً بالوعات sinks عند

الخطائق التي تتخذ أشكالا تشبه حرف V، حيث يتقابل لوحان متجاوران عند حافتيهما في وضع عكسي؛ وتدفع القشرة المحيطية الرقيقة أسفل الحافة الأخرى. ويدفع طرف اللوح limb إلى أسفل بزاوية قدرها ٤٥ تقريبا، مما ينتج عنه كل الظواهر التكتونية من الزلازل والثوران البركاني الانديزيتي والظواهر الأخرى التي ترتبط بها.

والمحيط الهادى المحوط بخطائق كثيرة من هذا النوع، يتلح المواد بمعدل أسرع من معدل استحداثها عند حيد وسط المحيط. وعليه، فإن مساحته تتناقص ببطء. وهذا يعوض الزيادة والتمدد اللذين يحدثان فى الألواح الأخرى دون أن يصاحب ذلك تمدد فى الأرض نفسها.

الحدود المحافظة Conservative Boundaries

يوجد نوع ثالث من الحدود، حيث لا تتباعد فيه الألواح بعضها عن بعض أو يرتكز بعضها على بعض، لكنها تتزلق بعضها نحو بعض، وتسمى هذه الحدود باسم الحدود المحافظة أو وصلات التمزيق shear junctions. وتظهر هذه الحدود بمظهر الصدوع المحوكة transform faults التي اكتشفها العالم ولسون "Wilson" (شكل ١٦٠).



شكل (١٦٠)

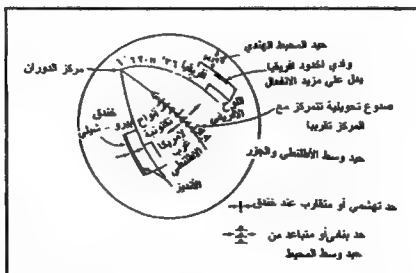
الانتشار والتمدد من حيد وسط المحيط

ويمكن تمييز ودراسة هذه الظواهر بسهولة نسبية فى القشرة المحيطية لكن الأمر يكون أكثر صعوبة وتعقيدا إذا حاولنا ذلك فى القطاعات القارية القديمة

للألواح. وفي كل الحالات، فحينما تُمدّ خطوط الحيد ونظم الخنادق، فإنها تؤدي إلى مناطق ذات نشاط قاري. فمثلا الخندق الإندونيسي ونظام الجزر القوسية Island Arc System يستمران ويدخلان في سلسلة الهيمالايا Himalayan ranges. مثل هذه العلاقات الوثيقة بالإضافة إلى الحدود البحرية المحددة جيدا، مكنت العلماء من استكمال تقسيم الأرض إلى ألواح.

المحركة اللوحية Plate Movement

من المعلوم طبقا لقوانين الهندسة، أن أي حركة على سطح كرة من الممكن اعتبارها حركة دورانية حول مركز يمكن تحديده. ويوحى شكل الأرض الذي يعد شكلا كروانيا (شبه كروي) pseudo - spherical بأفكار عن كيفية اختبار صحة نظرية الألواح. وقد أيدت البيانات التي أمكن الحصول عليها من سفن الأبحاث في المحيط الأطلنطي، عندما درست ووضحت ييانا، صحة نظرية الألواح. وقد وجد أن مركز دوران الصدوع للحوثة transform faults الموجودة في نظام الأطلنطي، يقع تقريبا عند نفس خط عرض جريتش Greenwich، لكن بدرجة ٣٦ إلى الغرب (شكل ١٦١). كذلك أجرى اختبار على تنبؤ هندسي أكثر وضوحا، فالشيء الموجود على مسافة أبعد من مركز الدوران ويتحرك بعيدا عنه، يكون هو الأسرع ويلزم أن يتحرك بنفس الزاوية التي تتحرك بها أشياء أكثر قربا من



شكل (١٦١)

رسم مبسط لتوضيح تأثير الدوران للألواح على سطح الأرض

مركز الدوران. وعلى هذا الأساس، فمن الممكن أن نتوقع اختلافات في سرعة الانتشار على طول خط الحيد حتى نتأكد من حركة الألواح، وقد وجد أن ذلك حقيقى.

• مفاهيم لتطبيقات مستقبلية Implications for the Future

ماذا يحدث عندما تتلاقى ثلاثة ألواح ؟ وما هى أسباب حركة الألواح ؟ . توجد مناقشات تفصيلية عن تكتونية الألواح لا يتسع لها مجال هذا الكتاب. وبالطبع فإن القارئ المهتم، من الممكن أن يجد المزيد عن هذا الموضوع بنفسه ولنفسه، وكل المعلومات متاحة فى أماكنها الصحيحة. وكلما عرفنا المزيد عن كوكبنا كان ذلك أفضل، لكن ما هى الاحتمالات التطبيقية المستقبلية لكل هذه الأنشطة العلمية.

نحن نعرف الآن أفكارا أفضل عن أسباب الزلازل، وقد أمكننا أن نطور تقنيات أكثر تعقيدا لتحديد مراكز أنشطة الزلازل، وكذلك كيفية التنبؤ بها فى المستقبل. إن نظاما علميا مبنيًا يعتمد عليه ليتمكن عن طريقه إنقاذ حياة الآلاف لو استطاع هذا النظام التنبؤ بنوع الحركة العنيفة التى حدثت على طول النظام الصدعى «سان أندرياس» فى بداية هذا القرن. وتحدثت الحركة على طول هذا اللوح الحدودى بمعدل ستة سنتيمترات تقريبا كل عام، مع ألواح الأطلنطى والهادى المتحركة شمال / جنوب عكس بعضها البعض (شكل ١٦٢).

وقد مكنت نظرية تكتونية الألواح العلماء من حساب مقدار الحركة المسجلة، وما هو المطلوب للحفاظ على الأشياء فى حالة اتزان. وعليه فيمكنهم من التنبؤ بزلازل وشيك، حينما يتولد شد وإجهاد وقد اقترح العلماء أن نظاما صديعا ما، يمكن «تزييته» «oiling» بالماء لتسهيل الحركة فيه، أو أن تستخدم عملية تقجير فيه لتنشيط حدوث زلازل صغيرة بقصد تحاشى إمكانية حدوث كوارث مؤثرة نتيجة لتراكم (تزايد) الإجهاد فى النظام.

وكما هو الحال مع الزلازل، فالحال مشابه مع البراكين إذ يمكن أن نعرف الكثير عنها، وعليه فمن الممكن التنبؤ باحتمال حدوث ثوراتها.

لقد أثبت تطور نظرية التكتونية الألواح وجود مواقع ممكنة لحامات أولية غنية نافعة. كذلك فقد كانت مفيدة فى التنقيب والبحث عن مصادر للنفط والحامات الثانوية الأخرى فى العالم بأكمله. ومن خلال البحوث التى أجريت، أصبح ممكنا تحديد مواقع الألواح التكتونية على خريطة عبر العصور المختلفة.

وتركز هذه الحامات بصفة عامة عند خطوط العرض الدافئة، وعلى ذلك فيمكننا معرفة أى المناطق كانت موجودة عند خطوط العرض الدافئة فى الماضى، مما يعطينا دليلا (مرشدا) جيدا عن المناطق التى يجب أن نبحث فيها، وتلك التى يجب ألا نبحث فيها. ومازالت نظرية تكتونية الألواح حديثة، ولم تزل هناك أسئلة كثيرة بدون إجابة حتى الآن. وقد نحصل على معلومات أفضل عن أحزمة البراكين والزلازل الموجودة فى العالم وكذلك عن علاقة تكون القلائس الجليدية ice-caps بانحراف القارات نحو المناطق القطبية. لكن، وكما يحدث عادة، فإن الإجابة عن مشكلة قد تولد مشاكل أخرى تنتظر الحل.

لماذا تتغير قطبية الأرض polarity من وقت لآخر؟ وما هو تفسير وجود خط من الجزر البارلتية فى المحيط الهادى تكون بعيدا عن حيد وسط المحيط ؟ وكيف تعمل تيارات الحمل داخل الأرض على وجه التحديد؟ ومن أين أتى الماء الذى يملأ المحيطات حاليا، فى حين أن المحيطات منذ مئة مليون سنة كانت أكثر ضحالة؟ وإذا كان اللوح الأفرقى يتمدد والمحيط الهادى ينكمش فما هى الأوضاع الأكثر احتمالا فى المستقبل ؟ وهكذا فمع قدوم نظرية تكتونية الألواح قد بدأ فصل جديد من فصول تفهم الأرض. ومن يدرى بالضبط ما هى التطورات التى سوف تحدث فيما بعد.

الفصل الحادى والعشرون

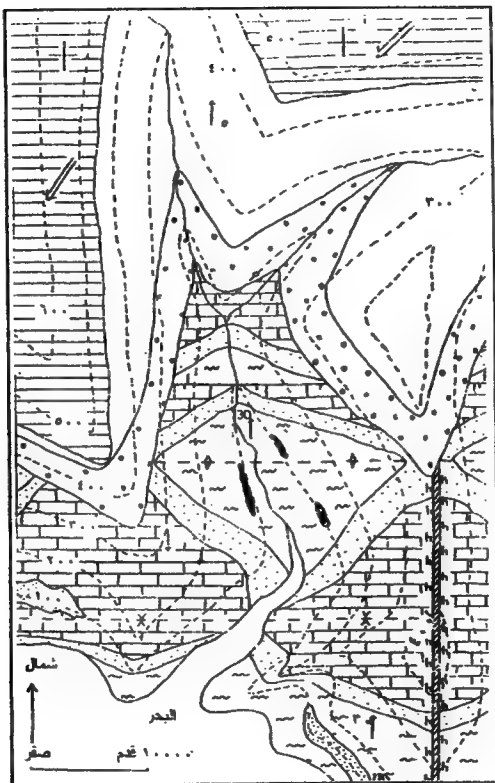
الخرائط الجيولوجية

GEOLOGICAL MAPS

يستخدم دارس علم الجغرافيا الخرائط؛ وسرعان ما يتعلم قراءتها ويستطيع استنباط النتائج منها حتى ولو كانت هذه الخرائط لمناطق لم يرها هذا الدارس من قبل. وبالمثل، فإن طالب الجيولوجيا. يستطيع أن يستمد ثروة من المعلومات من خرائطه الجيولوجية. وتعد قراءة الخرائط من الأجزاء المهمة فى علم الخرائط الجيولوجية بكل المقاييس وعلى كل المستويات. ولهذا فإن هذا الفصل الأخير من هذا الكتاب يشتمل على ملخص لما سبق، وكذلك يعد مقدمة للخرائط الجيولوجية.

كان وليام سميث William Smith هو أول من رسم خريطة جيولوجية عام ١٨١٥ م، ومن ملاحظة الصخور ومضاهاتها باستخدام المحتوى الحفرى لهذه الصخور استطاع أن يُخرج سلسلة من خمس عشرة خريطة (بمقياس رسم خمسة أميال لكل بوصة واحدة) وقد غطت هذه الخرائط إنجلترا وويلز. وأتم معهد العلوم الجيولوجية حاليا نشر سلسلة من الخرائط تغطى معظم أجزاء بريطانيا بمقياس رسم ميل واحد لكل بوصة.

إن الوضع فى الحقل يكون فى الغالب معقدا، وعليه فينصح الطالب بأن يتناول بالدراسة خرائط المسائل أولا. وهذه الخرائط معدة لتوضح سمات جيولوجية خاصة لمنطقة تخيلية imaginary area. والآن لتتظر فى إحدى هذه الخرائط (شكل ١٦٣)، لنرى كيف أنها تعكس المعلومات التى وردت فى الجزء الأول من هذا الكتاب.



شكل (١٦٣)
مساحة (يرجع إليها في المتن)

أولاً: دعنا نرى أنواع الصخور الموجودة (شكل ١٦٤):

- صخور متحولة: شيست وهورنفلس محلى حول متدخلة نارية.
صخور نارية: جُدَد دوليريتية وبازلت .
صخور رسوبية: حجر رملى، حجر جيرى، جريت وأركوز.
مظاهر أخرى: شاطئ مرفوع، شرفات نهريّة، وخذوش ثلجية.



شكل (١٦٤)

وهو دليل للخريطة شكل ١٦٣

ثانياً: دعنا نأخذ فى اعتبارنا البنيات الموجودة فى هذه المنطقة والمبينة فى الخريطة شكل (١٦٣):

فى شمال المنطقة توجد صخور البازلت، وهى صخور أفقية (لاحظ كيف أن قاعدة الطبقة الأفقية تتبع خطوط الكتور). وإلى الجنوب من ذلك توجد صخور الجريت والأركوز وتميل بزاوية قدرها ٥° شمالاً. ولهذا يوجد لا توافق

unconformity بين هذه الصخور وصخور البازلت. لاحظ أيضا كيف تصنع الصخور المائلة أشكال رقم «٧» في الأودية وعلى التلال. وبلاستمرار في اتجاه الجنوب، نجد الأحجار الرملية والأحجار الجيرية المتأثرة بالصدع الممتد من الشرق إلى الغرب، وكذلك الحنيرة (الطية المحدبة) anticline والقعيرة (الطية المقعرة) syncline المتوازيتان مع الصدع. ويلاحظ ميل الطرف الشمالي للطية بزاوية قدرها ٣٠°، وميل الطرف الجنوبي لها بزاوية قدرها ٢٠°، وعليه فالطية إذن غير متماثلة asymmetrical. كذلك لا بد أن يكون هناك لاتوافق بين هذه الصخور وصخور الجريت والأركوز (لاحظ كيف أن الصدع يمتد باستقامة على امتداد المنطقة)، وهذا معناه أن الصدع رأسى، كذلك فإن الطيات تكون نظم طى fold patterns \wedge و \vee «عندما يلتقى طرفاها المائلان».

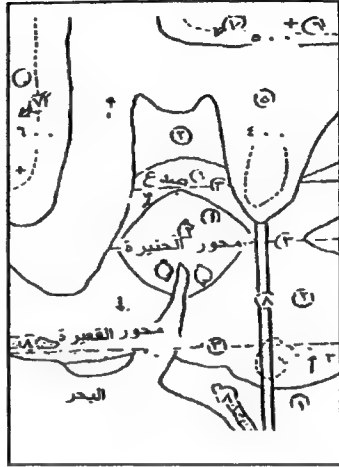
وتوجد في شرق المنطقة جدة قاطعة dyke مع وجود منطقة تحول محلية، ونظرا لاتجاهها المستقيم فهي رأسية أيضا.

وأخيرا توجد عدة مكاشف لصخر الشيست في مناطق عديدة تأثرت بالتحول الإقليمي regional metamorphism. ولهذا يوجد لا توافق ثالث بين هذه الصخور المتحولة وصخور الحجر الرملى والحجر الجيري.

النتائج: دعنا نرتب الأحداث تناوبيا (شكل ١٦٥): صخر الشيست هو أقدم الصخور، وعليه تتركز صخور الحجر الرملى والحجر الجيري المطوية والمتصدعة، ثم يلي ذلك الجدة القاطعة والهورنفلس hornfels اللذان تدخلا في صخور الشيست والحجر الرملى والحجر الجيري لكن تعلوهما الصخور الأخرى.

وتتكون المجموعة الرابعة من صخور الجريت والأركوز ذات الميل البسيط ثم تاتى بعد ذلك صخور البازلت الأفقية، ثم أخيرا الحزوز الثلجية الحديثة recent raised glacial striations، والشرفات النهرية river terraces وشاطئ الرفع beach.

ويمثل (شكل ١٦٦) قطاعا أُخذَ على امتداد الخط أ - ب. وفيما يلي تفسير للحوادث التى سبق شرحها، لیساعد ذلك على تكوين رؤية مجسمة ثلاثية الأبعاد لما حدث فى الماضى بالنسبة لهذه المنطقة.



شكل (١١٣)
شكل يوضح تقايح الأحداث في
شكل ١١٣



شكل (١١٤)
قطاع ب-١

والآن، دعنا نعيد بناء صورة للتاريخ الجيولوجي للمنطقة باستخدام المعلومات التي حصلنا عليها مما سبق، وكذلك من معلوماتنا الجيولوجية التي تعلمناها من الفصول السابقة من هذا الكتاب: أول الأحداث المسجلة في هذه المنطقة هو تحول - على مستوى إقليمي - لصخور قديمة ليتكون منها صخر الشيست المتحول. والأغلب أن هذا قد حدث تحت ظروف من الحرارة العالية والضغط الشديد. ثم حدثت بعد ذلك فترة تحت erosion وطفيان بحري marine transgression،

كما نتج عنه ترسيب حوالى مئة قدم من الحجر الرملى ومئات الأقدام من الحجر الجيري (يمكن تعيين سمك الطبقات من القطاع الجيولوجى). ويفسر التغير الليثولوجى من الحجر الرملى إلى الحجر الجيري، إمّا نتيجة لزيادة عمق البحر أو لنقصان كمية المواد الواردة إلى البحر. ويدل وجود المراجين والزنابق فى الحجر الجيري إلى أن مياه البحر كانت ضحلة ودافئة وصافية. وربما كانت هناك طبقات أخرى فى هذا التسايع، لكن يحتمل أنها فُقدت نتيجة لعمليات الرفع uplift، والطى folding، والتصدع faulting، والتحات erosion التى حدثت بعد ذلك. وأدت عملية التصدع العادى إلى حدوث رمية سفلية downthrow قدرها ٣٠٠ قدم إلى الجنوب (يمكن تعيين ذلك أيضا من القطاع الجيولوجى).

ثم حدثت فترة من النشاط النارى كما يستدل عليها من جُدَّة الدوليريت القاطعة التى أثرت على صخر المنطقة country rock بفعل الحرارة الناتجة عن عملية التدخل النارى igneous intrusion. وبعد فترة التحات erosion، ترسبت طبقات الجيريت والأركوز. ونظرا لأن صخر الأركوز هو حجر رملى يحتوى على نسبة عالية من الفلسبار، فإن ذلك يدل على أن الأركوز قد ترسب فى بيئة قاحلة arid، مثل الظروف التى كانت سائدة فى بريطانيا أثناء الدور البرمى والترياسى.

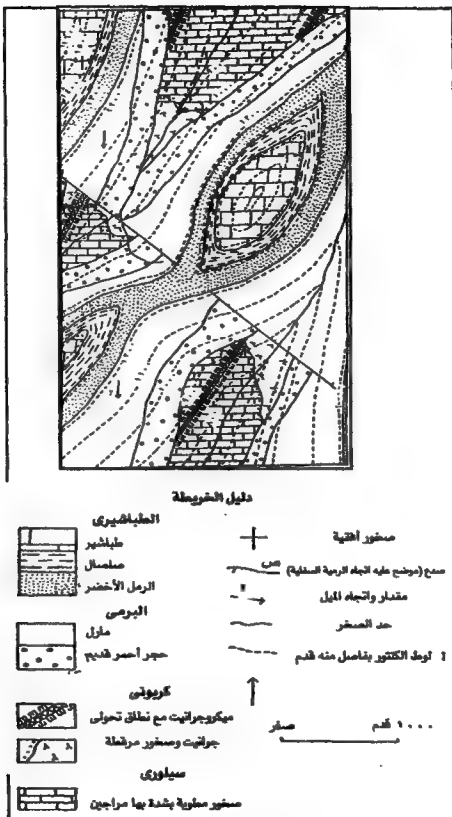
بعد ذلك حدثت فترة نشاط نارى ثانية، ويلاحظ وجود جزئين من اللابة البازلتية المتدفقة التى تظهر على الأراضى العالية فى المنطقة (لاحظ أن الجُدَّة الشديدة المقاومة تكون حيدا من التلال المنخفضة).

وبعد حدوث فترات الجفاف arid conditions، انسابت اللابة من البراكين، مما خلف لابة يقدر سمكها بحوالى ٢٠٠ قدم على الأقل، وأدى ذلك إلى إمالة tilting الطبقات التى توجد تحتها.

وبدأت الظروف القاحلة الحارة فى التلاشى تدريجيا ثم غطت المشالج المنطقة. ومن الممكن تعيين حركة الثلجة من العلامات التى تركها الثلجة على الانسيابات اللابية lava flows.

بعد ذلك حفر النهر واديه بفعل عمليات التحات erosion. وتدل الشرفات النهرية وشواطئ الرفع على فترة من الرفع uplift عندما حدثت عملية تصايب

للنهر rejuvenation، وتنتج عن ذلك الطوبوغرافية الموجودة في المنطقة حالياً.
وتمثل الخريطة في (شكل ١٦٧) نموذجاً آخر للقارئ ليحاول أن يدرسها
ويفسرها بنفسه.



شكل (١٦٧)

مساحة أخرى للمراساة والتقسيم

الملاحق

(i) **Joint**

الصفحة التحضيرية التي وضعت في الفصل الثاني

[illegible]

المركب	الصيغة الجزيئية	التركيب	النسبة المئوية	الخواص	الاستخدام	الملاحظات
أكسيد الكربون	CO_2	غاز عديم اللون والرائحة	1	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة المشروبات الغازية	غاز دفيئة
أكسيد النيتروجين	NO_2	غاز بني اللون ورائحة نفاذة	3	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة النترات	غاز دفيئة
أكسيد الكبريت	SO_2	غاز عديم اللون ورائحة كبريتية	4	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الكبريتات	غاز دفيئة
أكسيد الفوسفور	P_2O_5	مسحوق أبيض عديم الرائحة	5	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأسمدة	غاز دفيئة
أكسيد الحديد	Fe_2O_3	مسحوق أحمر عديم الرائحة	6	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الزنك	ZnO	مسحوق أبيض عديم الرائحة	7	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد المغنيسيوم	MgO	مسحوق أبيض عديم الرائحة	8	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الكالسيوم	CaO	مسحوق أبيض عديم الرائحة	9	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد البوتاسيوم	K_2O	مسحوق أبيض عديم الرائحة	10	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الصوديوم	Na_2O	مسحوق أبيض عديم الرائحة	11	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الليثيوم	Li_2O	مسحوق أبيض عديم الرائحة	12	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الباريوم	BaO	مسحوق أبيض عديم الرائحة	13	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد السترونتيوم	SrO	مسحوق أبيض عديم الرائحة	14	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الراديوم	RaO	مسحوق أبيض عديم الرائحة	15	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الثوريوم	ThO_2	مسحوق أبيض عديم الرائحة	16	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد اليورانيوم	UO_2	مسحوق أبيض عديم الرائحة	17	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد البلاديوم	PdO	مسحوق أبيض عديم الرائحة	18	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد النحاس	CuO	مسحوق أسود عديم الرائحة	19	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الفضة	Ag_2O	مسحوق أبيض عديم الرائحة	20	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الذهب	Au_2O_3	مسحوق أحمر عديم الرائحة	21	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد البلاتين	PtO_2	مسحوق أسود عديم الرائحة	22	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الكوبالت	CoO	مسحوق أسود عديم الرائحة	23	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد النيكل	NiO	مسحوق أسود عديم الرائحة	24	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد المنيوم	MnO_2	مسحوق أسود عديم الرائحة	25	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الكروم	CrO_3	مسحوق أحمر عديم الرائحة	26	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد الموليبدينوم	MoO_3	مسحوق أبيض عديم الرائحة	27	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد السيلينيوم	SeO_2	مسحوق أبيض عديم الرائحة	28	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد التيلوريوم	TeO_2	مسحوق أبيض عديم الرائحة	29	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة
أكسيد البولونيوم	PoO_2	مسحوق أبيض عديم الرائحة	30	قابل للاشتعال	تستخدم في صناعة الأصباغ	غاز دفيئة

[illegible]

[illegible]

ملحق "ب"

الصخور والمعادن والحفريات: من أين تجمع؟ وكيف؟

يعتمد جمع عينات الصخور والحفريات والمعادن على معرفة المكان الذى يجب أن نبحث عنها فيه، وكذلك الأدوات التى يجب استخدامها، وأهم الطرق الفعالة لجمع هذه العينات.

١- أين نبحث؟ Where to Look

من أهم ما يلزم ويشكل الأساس لجمع عينات الصخور والمعادن هى أين نبحث عن العينات؟ فالصخور والمعادن توجد حولنا فى كل مكان. وليست المشكلة تتمثل فى ماذا تجمع من عينات وتأخذها، وماذا تترك ولا تأخذ.

حاول أن تجمع العينات الصخرية من الأنفاق التى تحفر لإنشاء الطرق أو خطوط السكك الحديدية وكذلك من الأنهار والخنادق، فكل ضفة لنهر أو جرف cliff أو شاطئ أو حفرة كبيرة يمكن الحصول منها على عينات مهمة وقيمة لأنماط مختلفة من الصخور. ورو كانت الصخور قد تعرضت لدرجة ما من عمليات التجوية، فإن ذلك يسهل الحصول عليها، حيث تؤدي عمليات التجوية إلى إزالة بعض المواد السطحية السائبة.

ومن الأماكن المناسبة لجمع العينات أيضا حفر الجبس rock pits، والمحاجر. ويجب قبل دخول هذه الأماكن أخذ التصاريح اللازمة، كما يجب مراعاة الحفظ عند جمع عينات من هذه الأماكن خوفا من الانهيارات الصخرية أو حدوث الانفجارات التى تجرى لتكسير كتل الصخور الكبيرة إلى كتل أصغر حجما.

وتعد الطفوح البركانية من أنسب الأماكن للدراسة الصخور البركانية، حيث تكون معظم الفجوات الغازية (اللوريات amygdalae) مبطنة بمعادن الكولوتر والكالسيت والأوجيت وبعض بلورات المعادن الأخرى.

وتوجد الصخور النارية فى أرجاء كثيرة من البلاد. ويوجد كثير من بلورات المعادن فى معظم المتدخلات النارية مثل الجرانيت والجلد القاطعة dykes والسدود الأفقية sills.

كذلك يجب النظر فى طبقات قيعان المجارى المائية stream beds ويجب ألا ننسى أن كثيرا من الصخور الموجودة فى أماكن كثيرة قد نقلت لمسافات بعيدة وأن العينات الصخرية التى توجد فى مكان بعينه، ليست من المكان نفسه الذى تكونت فيه. وتوجد الحفريات تحت ظروف مختلفة عن تلك التى توجد فيها الصخور والمعادن. ومن المعلوم أن الحفريات لا توجد فى الصخور النارية والمتحولة، بينما توجد فى الصخور الرسوبية البحرية، حيث توضع هذه الرواسب فى ظروف مناسبة لحياة الكائنات الحية وسهلت حفظ بقاياها بعد موتها. ومن أمثلة الصخور التى توضع فى هذه الظروف الأحجار الجيرية والطفلة وبعض أنواع الأحجار الرملية. ومن المستحب البحث فى المناطق التى لم تتأثر فيها الصخور الرسوبية البحرية بالتغيرات الحرارية أو الضغط أو التغيرات الفيزيائية والكيميائية. كذلك يوصى بالبحث عن أماكن تعرضت فيها الصخور لعمليات التجوية، فإن هذا سيساعد كثيرا على التقاط الحفريات من الصخور المحتوية عليها.

وتعد المحاجر من الأماكن المناسبة للبحث وجمع العينات. ويجب التنبيه مرة أخرى، بأنه لا بد من أخذ التصاريح قبل دخول هذه الأماكن. وفى العادة تكون مكاشف الصخور فى المحاجر قشبية.

ومن المحتمل أن تكون قد اعترتها عوامل التجوية إلى حد ما. وتوجد العظام والغابات المتحجرة فى حفر pits الرمل والجراول المرتبطة بالشرفات النهرية. ويجب بذل عناية خاصة بالتحنات المقطوعة والجروف والشواطئ، حيث تكون هذه الصخور المكتشفة فى هذه الأماكن لا تزال محتفظة بوضعها الأصلية وتعرضت لبعض عمليات التجوية.

ومن الأماكن المناسبة للتأمل وجمع العينات، طبقات مجارى الأنهار stream beds، حيث تتعرض باستمرار لعمليات التحات مما يؤدى إلى انكشاف طبقات جديدة عاما بعد عام. ولو كانت هناك مناجم فحم مهجورة بالقرب من الأماكن

التي يبحث فيها عن عينات، فيجب مراجعة الصخور التي توجد حول فتحات المنجم وبخاصة فتحات التهوية. وقد يتج عن الفحص الدقيق لبقايا عمليات الحفر العثور على عينات من النباتات المتحجرة التي حفظت جيدا.

وفى بعض الأحيان تحفر بعض الآبار للبحث عن النفط أو الفحم، وقد تترك بعض الشركات المسؤولة عن الحفر بعض المواد التي استخرجت من تحت السطح إلى السطح وهذه العينات من الممكن أن تستخدم لمعرفة التراكيب والصخور التحتسطحية.

٢-الأدوات Equipments

تعد هواية جمع الصخور من الهوايات غير المكلفة نسبيا، إذإنها تتطلب أدوات وإمكانات بسيطة للغاية. لكن هناك أدوات لا بد من توافرها حتى فى أقل الأحوال، ومن أهمها:

•المطرقة Hammer

تعد المطرقة الأداة الأساسية عند جامع الصخور، وفى معظم الحالات تكفى مطرقة من الحجم المتوسط، لكن الخبرة فى مجال جمع الصخور قد تتطلب الحاجة إلى مطرقة الجيولوجى geologist's hammer والتي تسمى أيضا ملقاط أخصائى المعادن geologist's picks أو ملقاط المستكشف prospector. ويوجد نوعان من المطارق التي تستخدم فى هذه الأمور، النوع الأول تكون له رأس مربعة عند طرف بينما الطرف الآخر يكون مدببا. أما النوع الثانى فيشبه المطرقة التي يستخدمها الحجارون أو البنّاؤون، حيث يكون للمطرقة «أزميل» بدلا من الطرف المدبب. وتفيد الرأس المربع للمطرقة فى تكسير الصخور وترقيقها وكذلك فى تقسيم العينات الصخرية كبيرة الحجم، بينما يستخدم الأزميل أو الرأس المدبب فى عمليات الحفر وفصل الصخور الرخوة.

•أكياس الجمع Collecting Bags

تطلب عملية جمع المعادن والصخور أنواعا معينة من الأكياس، وأدوات ولوازم أخرى، مثل حقيبة الظهر knapsack أو ما شابه ذلك من الأكياس المصنوعة من الجلد.

• الأزميل Chisel

حينما يراد ترقيق العينات الصخرية (تقطيعها فى رقاقات) أو نزعها من الصخور المحيطة، يلزم فى هذه الحالات زوج من الأزميل. ويستخدم فى هذا الصدد نوعان منها؛ حجم الأول نصف بوصة والأزميل الآخر حجمه بوصة واحدة. كذلك يستخدم مثقاب حاد فى نزع العينات الصغيرة وفصلها من الصخور الرخوة.

• مواد التغليف Wrapping Materials

هناك بعض العينات الجيولوجية القصيفة، وهذه يجب تناولها بعناية خاصة. وعادة يجب وضع بعض الصحف القديمة فى حقيبة جمع العينات، حيث توضع كل عينة وتلف وحدها كما جمعت. كذلك يجب مراعاة حماية العينات من الكسر أو الإتلاف. وفى حالة العينات القصيفة جدا، فيجب الاحتفاظ بأوراق ناعمة وبعض القطن cotton اللازم لتغليف العينات الجيولوجية الهشة. كما أنه من المفيد استخدام صناديق صغيرة من الكرتون أو الصفيح للحفاظ على العينات.

• الخريطة والنوتة والقلم الرصاص Map, Notebook and Pencil

من الأهمية بمكان، أن يكون مع جامع العينات أدوات لتسجيل مكان وجود العينات، حيث إنه من السهل نسيان المكان الذى جمعت منه العينات، ويجب أن لا يعتمد الإنسان على ذاكرته فقط، بل يجب أن تكون معه نوتة صغيرة الحجم غير غالية الثمن وسهلة الحمل فى الحقل. وبالنسبة إلى الخرائط، فإن أكثر الخرائط فائدة فى الحقل، هى الخرائط التى تصدرها هيئة المساحة للمنطقة بمقياس رسم ميل (١ كيلو متر = ١٠٠٠ متر = ٦٢١٤ . ميل) إلى بوصة (١ سم = ٣٩٣٧ . بوصة)، وإذا كانت هناك حاجة إلى عمل تفصيلى فتصبح الخريطة التى مقياس رسمها ٦ بوصات مقيدة فى هذا الصدد.

• نظارات التكبير Magnifying Glasses

إذا كانت العينات المراد دراستها صغيرة الحجم، فإن العدسة البسيطة والنظارة المكبرة تصبح مفيدة فى مثل هذه الحالة. وقد أثبتت هذه الأدوات فائدتها عند

فحص المكتشفات المعدنية الصغيرة الموجودة في عينات صخرية كبيرة. وتستخدم عدسة مكبرة (تكبيرها ١٠ X) في معظم الحالات، وهناك نماذج عديدة من هذه العدسات رخيصة ومفيدة في الوقت نفسه.

• الأكياس الورقية والأكياس القماش Paper, Polythene and Cloth bags

تستخدم أكياس ذات حجوم مختلفة لحفظ الحفريات وعينات الصخور. ويجب أن يكتب اسم المنطقة على الكيس مباشرة أو على ملصق Label يوضع داخل الكيس مع العينة، وتكتب البيانات التي توضح المكان الذي جمعت منه العينة على الكيس من الخارج، وفي بعض الحالات - ولزيادة التأكيد - فقد يوضع في داخل الكيس ورقة مدون عليها البيانات نفسها الموجودة على الكيس من الخارج.

• أدوات مفيدة أخرى Other Useful Items

الأدوات التي ذكرت فيما سبق هي الأهم من ناحية الحاجة إليها عند جمع العينات، وتكوّن الأدوات الأساسية اللازمة. أما هواة جمع الصخور الجادين فيضعون في الحقبة الميدانية بعض الأدوات الإضافية مما يجعل عملهم يقرب في دقته من عمل المحترفين. وتمثل هذه الأدوات الإضافية في خريطة جيولوجية للمنطقة، كذلك لا بد أن يستشير مؤسسة العلوم الجيولوجية ليؤكد من وجود خرائط منشورة للمنطقة التي يجمع منها العينات، وعليه فلا بد أن يطلع على قائمة المنشورات والمطبوعات للمنطقة. ويمكن الحصول على هذه الخرائط من المكتبات والمتاحف والمدارس، وعند الزملاء أيضا. ويمكن شراء هذه الخرائط من المكتبات. كذلك يقتنى الهاوى الجاد بوصلة لكي يحدد بدقة مكان منطقة جمع العينات، ويمكن من قياس اتجاه الليل، وكذلك كليومتر؛ وهو جهاز بسيط يستخدم لقياس زاوية الميل.

وهناك حاجة أيضا إلى شرائط لاصقة لتكتب عليها البيانات المتاحة عن المنطقة وتلصق مباشرة على العينة. وتستخدم بطاقات من الورق (٣ × ٥ بوصة تقريبا) حيث يكتب على كل بطاقة البيانات بدقة لتحديد محتوى كل كيس. ويستخدم سكينا للجيب (مطواة) لاختبار صلادة الصخور والمعادن. كذلك تستخدم المطواة لاستخراج الحفريات أو بلورات المعادن من الصخور الرخوة دون أن تتشم البلورة أو الحفرة.

وتحتاج بعض الصخور (مثل الأحجار الجيرية) عند التعرف عليها إلى اختبارها، بواسطة حمض الهيدروكلوريك الذي يمكن شراؤه من عند تجار الكيماويات؛ ويجب تداول الحمض بعناية، ويوضع حمض الهيدروكلوريك المخفف في زجاجة تسكب الحمض نقطة بنقطة. وتكفى نقطة واحدة من الحمض لسكبها على العينة الصخرية لمعرفة ما إذا كانت العينة جيرية أم لا، إذ يحدث فوران لو كانت العينة جيرية (ويجب أن يلصق على زجاجة الحمض كلمة سم Poison، وتوضع بعيداً عن متناول الأطفال) ولو سقط الحمض على ملابسك أو على جللك، فيجب غسل الملابس والجلد في الحال بالماء الجاري.

٢- كيف تجمع العينات؟ How to Collect

طالما استقر الرأي على منطقة ما لجمع العينات منها، فلا بد أن تفحص الأرض بعناية فائقة. ولا بد أن يسهل عن الكسر الصخرية التي تحتوى قطعاً من المعادن أو الحفريات. وإذا كانت العينة قد تفككت بفعل عمليات التجوية، فبنا يمكن التقاطها بسهولة ووضعها في كيس العينات. وغالباً ما يستدعى الأمر استخدام المطرقة لالتقاط العينة من الصخور المحيطة بعد إخلاء مكان العينة بالمطرقة. وبالنسبة إلى العينات الأصغر حجماً والتي تتطلب عناية خاصة لالتقاطها فيستعمل لذلك الأرميل، لإزالة المواد الرابطة matrix بالتدريج ثم التقاط العينة وتغليفها ووضعها في كيس العينات.

وقبل ترك المنطقة التي جمعت منها العينات، لا بد من تسجيل وضعها الجغرافي في كراسة التدوين الحقلية. ويجب توقيع المنطقة على الخريطة وتسجيل ذلك في كراسة التدوين، فربما تحتاج للعودة إلى المكان نفسه مرة أخرى.

ولو كانت هناك خرائط طوبوغرافية متاحة، فينصح بوضع مكان المنطقة بالتحديد على الخريطة. ويلى ذلك تسجيل البيانات الجغرافية على بطاقة label ووضع السجلات في حقيبة الظهر في مكانها المخصص لذلك. ويميل كثير من هواة جمع العينات إلى تدوين المنطقة على كل كيس من الخارج. وبالنسبة إلى المواد التي تجمع من أماكن مختلفة منفصل بعضها عن بعض، فهذه تحفظ في أكياس مستقلة من القماش أو الورق. ويجب العناية بدقة بوضع البطاقة مع العينة

فى مكان واحد وكيس واحد، ويجب أن تذكر دائما أن العينة بدون تحديد مكان جمعها بدقة يقلل من قيمتها كثيرا.

ومن أفضل الطرائق لتعلم كيفية جمع العينات هو الاشتراك فى رحلة جيولوجية منظمة إلى المتاحف أو النوادى التى تهتم بالمعادن والصخور، فهناك سوف ترى وتعمل مع مجموعة من المهتمين بجمع العينات؛ لدرائتهم والمهم بقواعد وأسس جمع العينات. وتؤدى مثل هذه الرحلات إلى التعلم الميدانى الصحيح، وكذلك إلى تبادل عينات المعادن والصخور والحفريات، مما يساعد الجامعين على تنظيم عيناتهم وإعدادها فى مجموعات مرتبة.

”ملحق ج“ C APPENDIX

موجز لمحتوى النبات والحيوان

SYNOPSIS OF PLANT AND ANIMAL KINGDOMS

Kingdom Plantae (Plants)

Sub-Kingdom Thallophyta - Plants not forming an embryo.

Division Algae - diatoms, algae, and seaweeds.

Division Fungi-bacteria and fungi.

Sub-Kingdom Embryophyta - plants forming an embryo.

Division Bryophyta - mosses and liverworts.

Division Tracheophyta - plants with vascular tissue.

Subdivision Palaeophyta - simple rootless plants.

Subdivision Lycopodiata - club mosses and scale trees.

Subdivision Sphenopsida -horsetails and their relatives.

Subdivision Pteropsida - ferns , cycads, conifers, and flowering plants.

Class Filicinae - ferns.

Class Gymnospermae - cone - bearing plants.

Order Pteridospermales - seed ferns.

Order Cycadeoidales (Bennettitales) - cycadeoids.

المملكة النباتية (النباتات)

تحت مملكة النباتات (الطائفة النباتية) اللاجنينية

قسم الطحالب-البكتيريا، الطحالب والأعشاب البحرية

قسم الفطريات-البكتيريا والفطريات

تحت مملكة النباتات الجنينية-النباتات النخلة

قسم السرازانويات-السرازانويات الكبيرة المتكاثرة والتايغمة

قسم النباتات الوعائية-نباتات إيا السجدة والعلية

تحت قسم سبائغوسيدا-نباتات لا جنينية بسيطة

تحت قسم ليفكوسيدا-سرازانويات متولدة بالجنين وفك حورانيك

تحت قسم سبائغوسيدا-حورال الحصان والعلية

تحت قسم سبائغوسيدا-سراضس وباتلات سبائية وسبائغويات وباتلات حورية

طائفة فليسينات - السراضس

طائفة غاريك الجوز - نباتات حاملة للمحيطية

رتبة بكتيدوسيدا-سراضس بدنية

رتبة بنيتاليات - نباتات شبه سبائية

Order Cycadales - cycads.

Order Cordiales - the early conifers.

Order Ginkgoales- ginkgos or maidenhair

gymnosperms

Order Coniferales - pines, junipers , and fir.

Class Angiospermae - flowering plants and hard woods.

Subclass Dicotyledonae - oaks , roses , maples.

Subclass Monocotyledonae - grasses , lilies , palms.

Kingdom Animalia (Animals).

Phylum Protozoa - foraminifera , radiolarians.

Class Sarcodina - one - celled animals with pseudopodia.

Order Foraminifera - foraminifera or " forams " .

Order Radiolaria - radiolarians.

Phylum Porifera - sponges.

Phylum Coelenterata - corals , jellyfishes , hydroids.

Class Hydrozoa - hydroids.

Class Scyphozoa - jellyfishes.

Class Anthozoa - corals and sea anemones.

رتبة سيكاديت - رتيكاديت سيكادي

رتبة كوردiales - المبريطيات المبكرة

رتبة جنجويالات - رتيكاديت جنجوية أو المبريط فسر النبات

رتبة المبريطيات - مبريطيات مبريطية رتيكاد

طائفة المبريطيات المبكرة - رتيكاديت لمبريطية ومبريطية الخشب

طائفة رتيكاديت المبريطيات - رتيكاديت المبريطيات - رتيكاديت المبريطيات

طائفة رتيكاديت المبريطيات - رتيكاديت المبريطيات - رتيكاديت المبريطيات

المملكة الحيوانية (الحيوانات)

فصيلة البروتوزوا - المبريطيات - المبريطيات

طائفة المبريطيات - مبريطيات مبريطية الخشب رتيكاديت

رتبة المبريطيات - المبريطيات

رتبة المبريطيات - المبريطيات

فصيلة المبريطيات - المبريطيات

فصيلة المبريطيات - المبريطيات - المبريطيات المبريطية المبريطيات

طائفة المبريطيات المبريطيات - المبريطيات

طائفة المبريطيات المبريطيات - المبريطيات المبريطية (التيكاديت المبريطيات)

طائفة المبريطيات المبريطيات - المبريطيات - المبريطيات المبريطيات

Phylum Platyhelminthes - flatworms.
 Phylum Nematohelminthes - roundworms.
 Phylum Trochozoelminthes - rotifers.
 Phylum Bryozoa - moss animals " or " sea mats " .
 Phylum Brachiopoda - lamp shells " or brachiopods.
 Class Inarticulata - brachiopods with unhinged valves.
 Class Articulata brachiopods with hinged valves.
 Phylum Mollusca - molluscs : clams, snails, squids.
 Class Amphidousura - chitons or " sea - mice " or " coast - of mail " shells.
 Class Scaphopoda - "tusk - shells " .
 Class Pelecypoda - clams, mussels, oysters , and scallops.
 Class Gastropoda - snails, slugs, and conches.
 Class Cephalopoda- squids, octopuses, the peary nautilus, and the extinct ammonoids.
 Subclass Nautiloidea - nautiloids.

فصيلة الديدان المسطحة

فصيلة الديدان الأسطوانية (الديدان)

فصيلة الدواليب - الدواليب الديدانية

فصيلة البروزوا - الحيوانات المسطحة - حصائر البحر

فصيلة البريوكيوتا - الديدان - الديدانية

طائفة البريوكيوتا غير المتصلة

طائفة البريوكيوتا المتصلة

فصيلة الرخويات - المحاريات - الدواليب - المسكوكيات (الديدان)

طائفة ملامرودة المسكوكيات - المحاريات - المحار

طائفة القذبة الأقدام - الديدان المسكوكيات - المسكوكيات (الديدان) - كوزة الأسماك

طائفة المحاريات - المحاريات - الديدان - المسكوكيات

طائفة الديدان المسكوكيات - الدواليب - الديدان - الديدان

طائفة الراسموسكيات - المحاريات - الديدان - المحاريات - الدواليب - الديدان

الديدان

طائفة الديدان

Subclass Ammonoidea - ammonites.	طائفة الأمونويات
Subclass Coleoidea (Dibranchia)- squids, octopuses, cuttlefish, and the extinct belemnoids.	طائفة ثديية السحبيون السحبيون، الحبار، الأخطبوطات البحرية
Order Belemnoides (Belemnitida) - belemnites.	رتبة البيلمنيتيدات
Phylum Annelida - earthworms, leeches.	فصيلة الحلقيات-ديدان الأرض، الديدان الشريطية
Phylum Arthropoda - crabs, shrimps, insects, spiders , ostracods, and the extinct trilobites and eurypterids.	فصيلة المفصليات-السرطانات-الروبيان (الجمبري)-الحشرات-العنكبوتيات-الأعراق-الحيات
Sub- phylum Trilobitomorpha - extinct trilobite - like arthropods	فصيلة التريلوبيتات (فصيلة الحشرات)-مثل فصيلة الحشرات الحديثة
Class Trilobita - trilobites.	المنفليات
Sub- phylum Chelicerata (*) - scorpions, spiders, mites, "harvestmen" or " King crabs ", and the extinct eurypterids.	طائفة تريلوبيتات-فصيلة الحشرات-المنفليات (المنفليات)
Class Macrostromata - "King crabs " and eurypterids.	فصيلة الكافوريات-الحلقيات-المنفليات-مثل: السرطان (المنفليات)
Order Eurypterida - eurypterids.	طائفة فطيرة الدومرول، السرطان-فصيلة الأجنحة
Class Arachnida - scorpions, spiders and ticks.	رتبة فصيلة الأجنحة
Sub- phylum Crustacea - crayfish, crabs, lobsters.	طائفة المنفليات-الحلقيات-المنفليات-والمنفليات
Class Ostracoda - ostracodes.	فصيلة المنفليات-السرطانات-الروبيان

* The subphyla of Arthropoda are considered to be classes by some authorities.

بعض علماء المنفليات يعتبرون فصيلة السرطانات على أنها طائفة

Sub- phylum Insecta - insects.
 Phylum Echinodermata - "sea lilies" sea - cucumbers ,
 starfishes , sea - urchins.
 Sub- phylum Pelmatozoa - cystoids , blastoids , and crinoids
 Class Cystoides - cystoids .
 Class Blastoides - blastoids or " sea buds " .
 Class Crinoides " sea lilies " and " feather stars " .
 Sub- phylum Eleutherozoa - sea -cucumbers , starfishes , sea -
 urchins .
 Class Asteroidea - starfishes.
 Subclass stelezoidea - starfishes and " brittle
 stars " .
 Subclass Ophiuroidea " brittle stars" and " serpent stars" .
 Class Echinidea - sea - urchins , heart - urchins ,
 and sand dollars.
 Class Holothuroidea - sea cucumbers.
 Phylum Chordata - graptolites , fish , amphibians , reptiles ,
 birds , and mammals.
 Sub- phylum Hemichordata - chordates with pre - oral
 notochord.

فصيلة الحشرات

فصيلة الهيدرا وفصائل حشرات البحر - حشرات البحر - نجوم البحر

فصيلة الهيدرويدات - الهيدرويدات - الهيدرويدات - الحشرات - الحشرات

طائفة الهيدرويدات

طائفة الهيدرويدات - حشرات البحر

طائفة اليرقات - حشرات البحر

فصيلة الحشرات - حشرات البحر - حشرات البحر

طائفة الحشرات - الحشرات - الحشرات

طائفة الحشرات

طائفة الحشرات - الحشرات - الحشرات

طائفة الحشرات - الحشرات - الحشرات

طائفة الحشرات - حشرات البحر

فصيلة الحشرات - الحشرات - الحشرات - الحشرات - الحشرات

فصيلة الحشرات - الحشرات - حشرات البحر - حشرات البحر

Class Graptolithina (Graptozoa) - extinct graptolites .

Sub- phylum Vertebrata - vertebrates :animals with a vertebral column.

Superclass Pisces - fishes.

Class Agnatha - lampreys and hagfishes .

Class Placodermi - placoderms.

Class Chondrichthyes - sharks , rays , and skates .

Class Osteichthyes - bony fishes ; perch , catfish ,

trout , eel .

Superclass Tetrapoda - amphibians , reptiles , birds , and mammals.

Class Amphibia - salamanders , frogs , toads .

Class Reptilia - lizards , snakes , turtles , crocodiles , and the extinct dinosaurs , phososaurs , ichthyosaurs , mosasaurs ,

and ptero - saurs .

Order Cotylosauria - cotylosaurs.

Order Chelonla - turtles and tortoises.

Order Polycoauria - extinct fin or sail - back reptiles.

Order Therapsida - therapsids , or theromorphs.

طائفة البرمائيات - البرمائيات الحية الحديثة

صفحة البرمائيات - البرمائيات - الحيوانات ذات الدم البارد

فصل طائفة الأسماك - الأسماك

طائفة صيد السمك - سمك الحفش - سمك الجريت الحديث

طائفة الأسماك الحديثة

طائفة الأسماك الحديثة - سمك القرش - سمك الحشيش - سمك الحشيش

طائفة الأسماك الحديثة - الأسماك الحديثة - سمك الحشيش - سمك الحشيش

فصل طائفة راسيات الأسماك الحديثة - الأسماك الحديثة - الأسماك الحديثة

طائفة البرمائيات - البرمائيات الحديثة

طائفة الأسماك - الأسماك الحديثة - الأسماك الحديثة - الأسماك الحديثة

فصل الطائفة كاسية العظم - الأسماك (الأسماك)

فصل الأسماك - الأسماك

فصل الأسماك - الأسماك - الأسماك - الأسماك الحديثة

فصل الأسماك

Order Ichthyosauria - ichthyosaurs.

Order Sauropterygia - extinct marine reptiles with

paddle - like flippers.

Suborder Plesiosauria - Plesiosaurs.

Order Squamata - lizards and snakes.

Order Thecodontia - thecodonts.

Suborder Phytosauria - phytosaurs.

Order Crocodilia - crocodiles, alligators, and gavials.

Order Pterosauria - flying reptiles.

Order Saurischia - lizard - hippered dinosaurs.

Suborder Theropoda - bipedal carnivorous dinosaurs.

Suborder Sauropoda - quadrupedal, primarily

herbivorous dinosaurs.

Order Ornithischia - bird - hippered dinosaurs.

Suborder Ornithopoda - duck - billed dinosaurs.

Suborder Stegosauria - plated dinosaurs.

Suborder Ankylosauria - armoured dinosaurs.

Suborder Ceratopsia - horned dinosaurs.

Class Aves - birds.

رتبة الزواحف - السحرة والتمساح.

رتبة الزواحف البحرية - التمساحات المائية والتمساحات

رتبة السحرة - السحرة المائية والسحرة

رتبة السحرة - السحرة المائية والسحرة

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة التمساحات - التمساحات (تمساح أسود) والسحرة

رتبة الزواحف الطائرة

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

رتبة السحرة - السحرة المائية

طائفة الطيور

Class Mammalia - mammals: opossum, bats, rodents, dogs, whale, horse, man.

مطابقاً للبيانات - لا يسوم - المخطاقي - القرائني - الكليبي - الموتي - المصنعي

المؤلفون

Subclass Allothieria - multituberculatae.

مكتبة جامعة القاهرة

Order Multituberculata - small primitive-rodent -

زنگنه مسیحه انتقادات - گزارش بدایه نامه انتقادات

Like mammals.

Subclass Theria - most of the living mammals.

مؤيدون: ١٠ - معظم المسئولين العرب

Order Insectivora - Insectivores.

رَبِّهِ أَكَلَاتِ الْحَمِصَاتِ

Order Primates • lemurs, monkeys, apes, man.

زينة أرابيسك - الليمون - المسامي، القوي والإسنان

Order Edentata - tree sloths, armadillos.

رئيسة جمعية الأساتذة المحترفين - الدمام

Order Carnivora - flesh-eating mammals : dogs ,

رَبِّهِ وَالْمُسْلِمَاتِ أَكَلَتْ الْحَسَمَ - الْكَافِرَ - الْإِسْلَامَ - الْإِسْلَامَ

Cats, seals.

Order Dinocerata - extinct uiltabera.

وہابیہ دین کے خلاف

Order Proboscidea - elephants, extinct mastodons,

[illegible]

marginolite . and woolly.....

Order Perissodactyla - horses, rhinoceroses, extinct

نائبه فريدة الصافر-الحمدان - وحيد القرن - القيتاني العربي والمصري

Elmundo libre.

Order Artiodactyla - pigs, deer, camels, extinct

رابعة فريديا الحناط - الطغوز - الفزال - الجمل - الأبيال المتكسفة

malolodonta

معجم المصطلحات الجيولوجية
المستعملة في الكتاب

GLOSSARY OF USED TERMS

مصطلح بلغة أهل جزر هاواي لوصف انسيابات اللابة
البازلتية الكتلية التي تتميز بأسطح خشنة مجمدة.

abrasion

سَحَج

عملية البرى بفعل الاحتكاك

acicular

(برى)

شبيه بالإبرة.

acidic rocks

صخور حمضية

مصطلح عام يستخدم للدلالة على الصخور النارية المحتوية
على الكوارتز، مثل الجرانيت.

adamantine

الأماسى

بريق يشبه بريق الألماس.

aeolian

ريحي

وصف للدلالة على المواد المترسبة بالرياح التي جلبت
جسيماتها من مكان ما، ومثالها رواسب الطيمس loess
وكثبان الرمال.

alage

طحالب

مجموعة غير متجانسة من الكائنات الحية حقيقية النوى،
وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا أو تكون مستمرات وتحيها
عادة بالبناء الضوئي.

* المصطلحات المستخدمة في هذا الكتاب هي التي أقرها ووافق عليها مجمع اللغة العربية
بالقاهرة، وكذلك المؤتمرات للجمعية السنوية التي تضم أعضاء من مجامع اللغة العربية على
مستوى العالم العربي.

alluvial fan

مروحة طميية

راسب يتوضع من مجرى ينساب في واد جبلي منحدر ويدخل في أرض مستوية نسبيا .

alluvium

طمي

راسب يتوضع من المياه الجارية .

Alpine glacier

مثلجة البية

نهر من الجليد يشغل منخفضا في سلسلة جبلية، ويتحرك في اتجاه مستوى أكثر انخفاضا ؛ وتسمى أيضا مثلجة جبلية أو واديا مثلجيا

altitude

ارتفاع

ا: تقاع فوق مستوى سطح البحر .

amber

كهرمان

بقايا نباتية متحجرة (راتينجات)، صلبة صفراء شبه شفافة .

ammonite

أمونيت

أمونويد من الراسقديات له خطوط درز متعرجة ومعقدة، ويتبع تحت طائفة أمونويدا **Ammonoidea** .

amorphous

عديم التبلور

مادة ليست لها بنية جزيئية محددة ؛ أي أنها عديمة التبلور .

amphibian

برمائى

حيوان يعيش في الماء وعلى البر، مثل الضفادع والسلمندر .

amygdalae

لوزات

فجوات أو فراغات مطوية بالفلز توجد في الصخور النارية، وقد تملأ بمعادن ثانوية .

anatomy

تشريح

البنية التي يتكون منها الكائن الحي، أو أجزاؤها.

angular unconformity

لا توافق زواي

انظر: لا توافق **unconformity**.

anhydrite

أنهيدريت

كبريتات الكالسيوم اللاملئية (CaSO_4).

anterior

أمامي

يوجد في المقدمة أو من أمام.

anthracite

أنثراسيت

فحم صلب نقي جدا.

anthropology

أنثروبولوجيا

علم دراسة الإنسان، وبخاصة طبيعته الفيزيكية وكذلك الأساليب التي أدت إلى تطوره.

anticline

حنيرة

طية معدية إلى أعلى في الصخور.

anticlinorium

حنيرة مركبة

قبة حنيرية عريضة توجد فيها صدوع وطيّات صغيرة.

aperture

فُتْحَة (فُرْجَة)

فتحة الصدفة أو الخلية وما شابه ذلك.

aphanitic

نسيج دقيق

وصف النسيج الدقيق التي لا يمكن رؤية البلورات المكونة لها بالعين المجردة في الصخور.

aquifer

مَكْمَن

تكوين صخري مسامي حامل للماء.

aragonite

أراجونيت

معدن تركيبه كبريتات الكالسيوم CaCO_3 يتبلور في نظام المعنى القائم. ويكون المعدن في الأصناف معتما وطباشيريا ؛ وأقل ثباتاً من معدن الكالسيت.

archaeo -

قديم

بادئة معناها قديم، وأصل الكلمة إغريقية *Archaios* . قديم.

Archaeozoic

أركيوزوي

أقدم حقبة جيولوجية معروف؛ وهو حقبة ما قبل الكامبري المبكر.

areal

مِسَاحِي

نسبة إلى المساحة *area* (مثل الجيولوجيا المساحية *areal geology*، وهي جيولوجية منطقة معينة).

arenaceous

رملِي

صفة للرمل تختص بالتسبيج أو بصفات حجم حبيبة الرمل (٢ - ١٦/١٦م).

arêt

حاجِز

حيد حاد يفصل بين دارتين أو وديان متلجبة.

argillaceous

طينِي

ناسب حجم حبيباته أقل من ١/١٦ مم.

artefacts

اصطناعيات

أدوات أو أشياء صنعها الإنسان.

artesian well

بئر ارتوازية

بئر يستخرج منها الماء الموجود في مكان ما يطوه طبقات غير منفذة.

articulated

ممتدة

جزآن يتصل أحدهما بالآخر بأسلوب تداخلى أو بواسطة
أسنان تدخل فى تجاوزيف.

asterism

نجمية

نمط يشبه النجم يوجد فى معادن معينة.

asteroid

كويكب

أحد الأجرام الصغيرة الكثيرة التى توجد بين مدارى كوكبى
المشتري والمريخ.

asymmetrical

عديم التماثل

بنية تفقد التماثل.

asymmetrical fold

حنيرة (طية) عديمة التماثل

طية يميل كل طرف من طرفيها بزاوية مختلفة.

atmosphere

غلاف جوى

الهواء الذى يغطي بالأرض.

attitude

وضع

وضع جزء من طبقة صخرية بالنسبة إلى المستوى الأفقى

انظر: الميل dip والمضرب strike.

axis

محور

أحد الخطوط التخيلية فى البلورة.

axis of fold

محور (الحنيرة) الطية

خط تخيلى يمر خلال قمة الحنيرة، أو قاع القميرة.

barchan

برخان

كثيب رملي هلالى الشكل.

barrier beach

شاطئ حاجزى

شاطئ رملي منخفض يفصله عن البر مستنقع أو لاجون.

basalt

بازلت

صخر نارى دقيق التعيب قاعدى ملتحى.

base level

مستوى القاعدة

مستوى الجسم المائى الذى ينساب فيه ماء النهر.

basic rock

صخر قاعدى

صخر نارى يحتوى على نسبة قليلة من السليكا، مثل صخر البازلت.

batholith

باثوليث

كتلة نارية من صخر نارى متدخل، أرضيتها غير معلومة، ويزيد قطرها على أربعمائة ميلاً.

bauxite

بوكسيت

الخام الرئيسى للألومنيوم وتركيبه الكيميائى أكسيد الألومنيوم المائى.

bedding plane

مستوى تطبيق

السطح الفاصل بين طبقتين أو طبقتين أو سطحييتين صخريتين منفردتين.

bedrock

الأساس الصخري

صخر صلب متماسك، غير مجوّى، يوجد أسفل الوشاح الصخري.

belemnite

بلمنتيت

من الراسقدميات المنقرضة قريبة من الحبار squid الموجود حالياً.

bilateral symmetry

تماثل ثنائي جانبي

مصطلح يطلق على نصفين لجسم ما، يتمثلان بحيث يكون أحد النصفين صورة المرآة للنصف الآخر.

binomial nomenclature

تسمية ثنائية

نظام للتسمية العلمية للكائنات الحية يتطلب تحديد اسمين لاتينيين: اسم الجنس generic واسم النوع specific مثل *Homo sapiens* للإنسان.

biogenic law

القانون الحيوي

قانون ينص على أن تاريخ تطور الكائن الحي ontogeny يمد تاريخ تطور السلالة phylogeny.

bitite

بيوتيت

ضرب من الهكا يوجد على هيئة بلورات دكاء (سوداء عادة).

birefringence

انكسار مزدوج

خاصية بصرية تنشأ عن انشقاق شعاع الضوء إلى شعاعين في بعض المعادن المتبلورة مثل معدن الكالسيت، باستثناء المعادن الأيزوتروبية.

bituminous coal

فحم بيتيوميني

فحم رخو ذو رتبة متوسطة في سلسلة الفحم.

black light

ضوء أسود

ضوء ينتج عن الإشعاع فوق البنفسجي (فوق البنفسجي).

blastoid

برعماني

فرد من طائفة الجلنشوكيات الجالسات، تكون الدقة فيه على هيئة برعم، يتكون عادة من ثلاثة عشر لوحا هيكليا.

block diagram

رسم تخطيطي كتلي

رسم تخطيطي ثلاثي الأبعاد يجمع العلاقة بين الجيولوجيا المسطحة والبنية الأمامية والبنية الجانبية لمنطقة ما.

block mountains

جبال كتلية

جبال تكونت نتيجة عمليات التصدع.

blow-out

منخفضات تحت

منخفضات حوضية الشكل، صغيرة نسبيا تكونت نتيجة عمليات التحات بالرياح.

boulder

جلمود

كسرة صخرية مستديرة تقريبا يزيد قطرها على عشر بوصات.

brachiopods

مسر جانبيات

لا تقاربت بحرية ثنائية المسراع.

brackish water

ماء مسووس

خليط من المياه المنبة والمياه المِلحة.

breccia

بريشة

صخر يتكون من كسر زاوية الشكل متلاحمة.

brittleness

تقصف

قلابة المعدن للكسر بسهولة.

bryozoans

حزازيات

حيوانات مائية صغيرة، تعيش في مستعمرات، تتركز هيكلا جيريا في العادة.

- C -

caino-

كاينو

بائدة منها حديث، والكلمة من أصل إغريقي *Kainos* = new.

cainozoic

كاينوزوي

أحدث أحقاب التاريخ الجيولوجي، وهو يلي حقبة الحياة المتوسطة ويمتد حتى العصر الحديث.

calcareous

جيرى

يعتوى على، أو يتكون من كربونات الكالسيوم.

calcite

كالسيت

معدن تركيبه كربونات الكالسيوم CaCO_3 ، يتبلور في نظام الثلاثي ويكون في الأصناف شبه شفاف وأكثر ثباتا من معدن أراجونيت *aragonite*.

caldera

كالديرا

منخفض كبير، حوضي الشكل، يتكون نتيجة لتعطم المخاريط البركانية.

calyx

كأس

المنخفض الذى يشبه الفنجان فى المراجعين، ويوجد فى الجزء العلوى من الهيكل؛ وهو جزء الجسم الذى يحتوى على معظم الأجزاء الرخوة فى الجلدشوكيات الجالسات.

Cambrian

كمبرى

أول أدوار حقبة الحياة القديمة (أقدمها).

carbonaceous

كربونى

يحتوى على الكربون.

carbonate

كربونات

صخر أو معدن يتكون من الكربون والأكسجين وعناصر أخرى.

Carboniferous

كربونى

خامس الأدوار الجيولوجية فى حقبة الحياة القديمة، كما هو معروف فى أوروبا. ويشمل الميسيسيبي **Mississippian** والبنسلفانى **Pennsylvanian** فى أمريكا الشمالية.

carbonization

تكرين

عملية التحفر التى يتم فيها تغير البقايا العضوية إلى كربون أو شحم.

carnivore

لاحم

حيوان أكل للحوم.

cast

صبّة

الأثر أو الطابع الذى يؤخذ من قالب **mould**.

cement

أسمنت

مواد تربط (تَلْعَم) جسيمات الصخور الرسوبية بعضها ببعض.

cementation

سمنتة

ترسيب مواد معدنية بين كسر الصخور تلحمها بعضها ببعض.

cene -

سين

لاحقة تعنى حديث، وهي مشتقة من أصل إغريقى *kainos*.

cephalon

رأس

الجزء الأمامى الذى يكوّن الرأس من جسم الحيوان فى التريلوبيئات.

cephalopod

رأسقدميات

لا فقاريات بحرية لها رأس معدد جيداً، وعيون ولوامس *tentacles* حول الفم وتتبع شمعة الرخويات - *mol* *lusca* وتشمل الحبار *squid* والأخطبوط *octopus* والتوتيلات اللؤلؤية *pearly nautilus*.

ceratite

سيراتيت

أمونويد من الرأسقدميات خط الذرز فيه سرج مستدير وفص متعرج.

chalk

طباشير

حجر جيري رخو لونه أبيض.

chemical weathering

تجوية كيميائية

ضرب من التجوية ينتج عنه تفرغ هو التركيب الكيميائى، وتعرف أيضاً باسم التحلل *decomposition*.

chert

صَوَانٌ

ضرب من السليكا متبلور مدموج شبيه بالفلنت (الطهران).

chitin

كَيْتِين

مادة قرنية توجد في الأجزاء الصلبة في كل الحيوانات المفصليّة مثل الخنافس beetles والسرطانات crabs.

chitinous

كَيْتِينِي

يتكون من الكيتين.

chlorite

كلوريت

معدن أخضر اللون يتبع مجموعة معادن الميكا من الناحية الكيميائية.

chromosome

كروموسوم

في نوى الخلايا الحيوانية، هي تحمل الجينات التي تقرر الصفات الموروثة. ويوجد في كل خلية جسمية وكل زيجوت زوج من الكروموسومات، ويوجد كروموسوم واحد في كل جاميت.

cinder cone

مخروط الرماد

مخروط ذو جوانب منحدرة بشدة تتكون أساساً من الرماد التلشي عن عمليات بركانية.

cirque

دَلْوَة

منخفض كبير وعميق نوعاً، بشكل المدرج am- phitheatre يوجد عند رأس وادٍ متجى.

class

فَصْلَة

أحد أقسام الشعبة phylum. وهي قسم من التصنيف الأحيائي.

clastic rock

صخر فتاتى

صخر يتكون أساسا من كسر صخرية نقلت إلى مكان
توضعها .

cleavage

تَشَقُّق = تَفْلُق

قابلية معادن معينة للانفصال فى اتجاهات خاصة فتتشأ
عن ذلك أسطح ملماء نسبيا .

coastal plain

سهل ساحلى

سهل مستو يتكون من رواسب لها ميل لطيف رصبتها الأمواج
أو الأنهار، وتكون حافتها على سيف shore جسم مائى
كبير؛ وفى المادة يمثل جزئا منكشفاً من أرضية البحر التى
ارتفعت حديثا .

coelenterate

جوفعموى

لا فقارى يتميز بوجود تجويف جسمى خالٍ وتمائل شملعى
وخلايا لاسمة. وتتبع شعبة الجوفعمويات وتشمل الأسماك
الهلامية (قناديل البحر) jellyfishes والمراجين corals.

col

مَضِيق

ثُفْرَة بشكل السرج توجد عبر جهد أو بين قسطين.

colonial

مُسْتَعْمَرى

فى البيولوجيا: مصطلح يطلق على الطريقة التى تعيش
فيها بعض اللاقناريات فى تجمعات بعضها مع بعض،
ويتمدد كل منها على الآخر تضريبيا، مثل مستعمرات
المراجين والهديات.

columnal

قرص جذعى

إحدى القطع القرصية الشكل فى جذع الزنبقيات crinoid.

columnar section

قطاع عمودي

شكل توضيحي يرسم بمقياس محدد ويوضح صفات التكاوين الصخرية برموز جيولوجية مثل سمك الطبقات وتتابع تراكمها.

columnar structure

بنية عمودية

بنية من قضبان متوازية توجد في الصخور النارية.

compact

مدموج

متماسك بشدة.

compaction

دمُوج

العملية التي تتصلب بها الرواسب السائبة loose لتتماسك مع بعضها البعض فتصبح صخرًا متصلبًا.

composite cone = stratovolcano

مخروط مركب = بركان طباقى

مخروط بركاني يتكون من طبقات متبادلة من اللابة والرماد البركاني.

concentric

متمركز

بمعنى أن له مركزًا مشتركًا مثل الصدفة التي توجد فيها علامات توازي حلقها.

conchoidal

محاري

نوع من المكسر fracture في المادن. يكون لسطح المادن عند كسره شكلًا مقعرًا منحنى مشابهًا لمصراع واحد من صدفة ثنائية المصراع. ويعد الزجاج من الأمثلة الممتازة التي توضح المكسر المحاري.

concretion

درنة صخرية

تجمع من الكتل الحبيبية أو غير المنتظمة، يوجد في الصخور الرسوبية، ويترسب حول نواة مركزية عادة قد تكون حفزية في أغلب الأحوال.

conglomerate

كَنْجُلُومِيرَات

صخر ينشأ عن دمج الجرول gravel. وتكون المكونات الصخرية والكسر المعدنية ذات حجوم وتراكيب متباينة.

conifers

صنوبريات

شجر أو شجيرات تحمل مخاريط cones.

connate water

ماء حبيس

الماء المحصور في الصخر الرسوبي عند زمن تكونه.

conodont

كونودونت

حفريات دقيقة تشبه الأسنان توجد في صخور معينة من حقبة الحياة القديمة، أصلها غير معروف بالضبط، لكنها ربما تكون أجزاء من بعض أنواع الأسماك المنقرضة.

consolidation

تَصَلُّب

العملية التي يتغير فيها الراسب من الحالة السائبة إلى كتلة متصلة.

contact

سطح تماس

السطح الذي يوضح الاتصال بين جسمين صخريين.

contact metamorphism

تحويل بالتماس

تحويل ينشأ نتيجة تدخل مواد من جسم ناري في الصخور أو بالقرب من حدود الصخور في منطقة ما.

continental drift

انجراف قاري

نظرية تقول إن القارات كانت جزءا واحدا هو قلوة جندواتا القديمة التي انقسمت إلى أجزاء منفصلة انجرف بعضها عن بعض.

continental shelf

رف قاري

أرضية المحيط الضحلة نسبيا التي تحد كتلة أرضية قارية.

continental slope

منحدر قاري

الانحدار الشديد بين حافة الرف القاري وأغوار المحيط.

contour interval

فاصل كنتوري

الفرق في الارتفاع بين خطين كنتوريين متتاليين.

contour line

خط كنتور

خط يصل بين نقطه ذات ارتفاع واحد فوق مستوى سطح البحر.

coprolite

كويروليت (نحو سحري أو بقايا متحفرة)

إخراج قعره الحيوانات ثم يتحفر.

coquina

كوكينا

حجر جيري مسامي غليظ التحبب يتكون أساسا من مواد صدفية متكسرة.

corals

مرجانيات

لا فقاريات بحرية تسكن القاع، وتقرز هياكل صلبة من مواد جيرية وتتبع طائفة الأنثوزوات (الزهريات) التي تتبع شعبة الجوهوميوات.

corallite

مرجانة

هيكل يتكون بفعل فرد واحد من حيوان المرجان، وقد يوجد بمفرده أو يكون جزءا من مستمرة.

corallum

مرجان

هيكل كامل لمستمرة مرجانية.

core

نواة

أعمق نطلق هي الأرض وهو أعلاها كثافة.

correlation

مضاهاة

عملية لبيان أن طبقات معينة تنتمي إلى طبقات أخرى أو تكافؤها استراتيجيا.

corundum

كورندوم

معادن تركيبه الكيميائي أكسيد الألومنيوم؛ وهو ثاني أشد المعادن صلابة.

crater

فوهة

منخفض قِمَعِي الشكل يوجد في قمة المخروط البركاني.

creep

زحف

حركة بطيئة إلى أسفل تحدث للتربة والصخور السطحية.

Cretaceous

طباشيري

أحدث أدوار حقب الحياة المتوسطة.

crevasse

شق جليدي

شق عميق أو شذخ يوجد في متلجة.

cross-cutting relationships

علاقات القطع المتصالب

قانون يوضح أن الصخر القاطع يكون أحدث عمرا من الصخر المقطوع.

crust

قشرة

النطاق أو الغلاف الخارجى للأرض.

cryptocrystalline

خَفِيُّ التبلور

صفة لمادة تكون بلوراتها دقيقة جدا أو ميكروسكوبية.

crystal

بلورة

شكل هندسي منتظم عديد الأوجه، تحده أسطح ملمساء طبيعية تتكون في ظروف مناسبة. وللبورات تماثل خارجي معقد، وبنية داخلية ترتبط بالترتيب الذري.

crystalline

متبلور

مادة لها بنية داخلية معقدة وليست عديمة التبلور.

crystallography

علم البلورات

علم يدرس بنية البلورات وتصنيفها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية.

crystal Symmetry

تماثل بلورى

يقصد به المدد والوضع والترتيب المتوازن للأوجه البلورية بالنسبة إلى المحاور البلورية أو المستويات البلورية أو اتجاهاتها.

cube

مكعب

شكل بلورى فى النظام المتساوى الأبعاد (المكعبى)، يتكون من ستة أوجه، كل منها يتعامد على محور بلورى من المحاور الثلاثة للمكعب.

cubic

مكعبى

له الشكل العام للمكعب، وتسمى البلورات المتساوية الأبعاد باسم النظام المكعبى.

cystoids

كيسيات

نوع من الجلدشوكيمات ذات المساق المنقرضة، يتكون الكاس calyx فيها من عدد من الألواح الموجودة بفهر ترتيب منظم ؛ وهذا النوع ينتمى إلى طائفة الكيسيات.

- D -

decomposition

تحلل

اضمحلال كيميائى أو تحلل للصخر.

انظر: التجوية الكيميائية

deflation

تفريفة

إزالة الأجزاء الصخرية السائبة أو التربة بواسطة الرياح.

تحريف

deformation

أى تغير يطرأ على الشكل الأصلي للصخور، مثل الطي والتصدع.

دلتا

delta

شكل مثلثي تقريبا من الرواسب المستوية تكونت نتيجة لدخول النهر فى جسم مائى ساكن.

شجيرى (متشجر)

dendritic

شكل يشبه تفرع الشجرة ينتج على المادن والصخور أو فى داخلها، ويتكون عادة نتيجة لتبلور أكاسيد المنجنيز.

شجيرى

dendritic

ذو شكل متفرع أو بشكل الشجرة.

قسنن

dentition

نظام أو ترتيب الأسنان الخاص بأى حيوان.

راسب

deposit

أى شئ يترسب، مثل توضع راسب من مجرى مائى.

ترسيب

deposition

عملية ترسيب أو توضع مواد صخرية من وسط مائع كالهواء والماء.

تجفيف

desiccation

فقدان الماء من الرواسب.

فتاتى

detrital

متكون من كسارة معدنية أو صخرية.

صخر فتاتى

detrital rock

صخر وسوىي معتمد من مواد فتاتية لصخور أخرى ؛
ومثال ذلك الرمل والطين والجروىل.

detritus

فتات

كسارة صخرية متبقية عن تفكك الصخور القديمة.

Devonian

ديفوني

رابع أقدم أدوار حقبة الحياة القديمة وهو أحدث من الدور
الميلوي وأقدم من الدور الكربوني.

diagonal

ثنائي الزاوية

أي جسم ذو زاويتين.

diamond

الماس

كربون متبلور وهو أصعب مادة معروفة.

diaphenity

الشفافية النسبية

وصف شفافية المعدن بأنها إما أن تكون شفافة أو شبه
شفافة أو معتمة.

diastem

ثلمة

انقطاع صغير للغاية في ترسيم الصخور وهو يمثل مدة
قصيرة جدا من الزمن الجيولوجي.

diastrophism

تشويه صخري

حركات تحدث في القشرة الصخرية للأرض فتؤدي إلى
تشوه الصخور والبنىات.

diatomite

دياتوميت

راسب سيليسي يتكون من بقايا ثلثات دقيقة الحجم تسمى
الدياتومات.

dinosaur

دينوسور

أي من المجموعة الكبيرة من الزواحف للقرضة التي عاشت
في أثناء حقبة الحياة المتوسطة فقط.

dip

ميل

زاوية الميل بين مستوى التطبيق للمنحور ومستوى أفقى حقيقى أو تخيلى.

disconformity

لا توافق

انظر: لاتوافق $unconformity$.

disintegration

تفكك

تفكك المنحور بالطرق الميكانيكية، وتعرف باسم التجوية الفيزيكية أيضا، أو التجوية الميكانيكية.

dissected

مُقسَّم

ما ينتج عن التقسيم إلى تلال ووديان بفعل عمليات التعات.

distillation

تقطير

فى الحفريات : العملية التى يتم فيها إزالة المادة المضوية المتطايرة وترك الكربون المتبقى ككلىل على وجودها.

disturbance

اضطراب

واقعة بانية للجبال على نطاق إقليمى، وفى المادة تفصل بين دورين جيولوجيين.

divide

مُقسَّم

حيد أو منطقة مرتفعة تفصل بين حوضى مصرف متجاورين.

dolomite

دولوميت

معدن يتركب من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم $CaMg(CO_3)_2$.

dome

قبة

بنية مطوية تعمل فيها الطبقات فى جميع الاتجاهات بعيدا عن المنطقة المركزية.

double refraction

انكسار مزدوج

انظر: انكسار مزدوج .birefringence

drift

مكتسحات

مواد تترسب من متجة.

drumlin

دراмлиين

رابية مستديرة من الحريث ذات سطح أملس.

ductile

قابل للسحب

قابلية بعض المواد للسحب على هيئة أسلاك.

dune

كثيب

تل أو حيد من الرمال تكون بفعل الرياح.

dyke = dike

جُدَّة قاطعة

جسم صخري نضدي الشكل، أصله ناري في المادة ويقطع

طبقات الصخور المحيطة.

- E -

earthquake

زُلزال

هزة في القشرة الأرضية تحدث نتيجة لتشقق الصخور

وحركتها أو بسبب هزات بركانية.

echinoderm

جلد شوكي

لا فقاري بحري له هيكل خارجي جيري، وعادة يكون له

تمال خماسي شعاعي، ويتبع شعبة الجلدشوكيات التي

تشمل: الكيميات والبرعمانيات والزنبقيات ونجم البحر

وشاذ البحر.

echinoid

قنفذ بحري

لا فقارى بحري يمشى على قاع البحر ملتصقا، له هيكل خارجى مكون من ألواح جبسية تغطيها أشواك متحركة، ويتبع طائفة القنفذانيات.

echology

إيكولوجيا

دراسة العلاقات الفيزيائية والبيولوجية للكائنات الحية.

effervescence

فوران

تفاعل فوريانى يحدث عندما يتفاعل معدن كربوناتي مع حمض.

embryo

جنين

كائن حي في بداية مراحل نموه قبل أن يولد.

embryology

علم الأجنة

فرع من البيولوجيا يختص بدراسة تكوين الأجنة وتطورها.

embryonic

جنيني

وصف للمرحلة البدائية غير المتطورة لحيوان ما بعد مرحلة "بيضة".

end moraine

نهاية ركام جليدي

انظر: ركام جليدي طرفي *terminal moraine*.

endoskeleton

هيكل داخلي

البنية الداخلية التي تدعم حيوانا ما.

environment

بيئة

كل ما يحيط بالكائن الحي من ظروف فيزيائية وكيميائية وعضوية.

Eocene

إيوسين

قسم من حقبة الحياة الحديثة، قدره العلماء بأنه كان منذ ٤٠-٥٠ مليون سنة مضت.

epicenter

نقطة فوق المركز

نقطة أو خط يقع مباشرة فوق بؤرة الزلزال التي نشأ عندما الزلزال.

epoch

عُقبية

قسم من الزمن الجيولوجي ؛ وهو أحد أقسام الدور .period.

era

حقب

قسم من الزمن الجيولوجي يشمل دوراً أو أكثر.

erathem

تجمع

في الاستراتجرافيا : الصخور التي تكونت خلال حقبة من الزمن الجيولوجي.

erosion

تحات

تآكل وإزالة التربة وكسارة الصخور بفعل الرياح أو المياه أو الجليد.

erratic

صخر ضال (شارد)

جلمود منقول بفعل نهر جليدي، يختلف في تركيبه عن الأساس الصخري الذي يوجد عليه الجلمود.

esker

إسكير

حيد متمرج يتكون من رمال متطبقة وجروول، ترسبت من أنهار تجري خلال مثلجة أو أسفلها.

estuary

مصيب النهر

ملتقى النهر بالبحر، حيث يظهر تأثير المد والجزر.

evaporation

تبخير

عملية يتغير فيها السائل إلى الحالة الغازية (البخارية).

evaporite

متبخّر

راسب يتوضع بفعل الترسيب الكيميائي، مثل الملح الذي يترسب من المياه المشبعة بالملح.

evolution

تطور

اصطلاح يطلق على العمليات التي تؤدي إلى تغيير في الكائنات الحية خلال أجيال متتامة.

exfoliation

تقشر

انفصال سطح الصخر إلى قشور أو رقائق نتيجة لعملية التجوية.

exoskeleton

هيكل خارجي

هيكل خارجي أو غطاء صلب لحماية أجزاء الحيوان الرخوة، وبخاصة في اللافقاريات.

exposure

الكشاف

مكشف ظاهري للصخر يظهر على السطح.

انظر: مكشف outcrop.

extrusive rock

صخر قاذيل

صخر ناري نبت أو خرج إلى سطح الأرض في حالة منصهرة ثم تصلب.

- F -

face

وجه

وحدة السطح الخارجى في البلورة.

facies

سحنة

نمط صخري أو تتابع صخري، ويقال سحنة حوضية مثلا.

fault

صدع

إزاحة للصخور على طول نطاق كسر.

fault breccia

بريشة الصدع

بريشة تتكون على طول مستوى الصدع.

fault line

خط الصدع

الخط الذي يقابل عنده مستوى الصدع سطح الأرض على طول امتداده.

fault plane

مستوى الصدع

كسر في الصخر حدثت على امتداده عملية الحركة في الصخر.

fault scarp

أحذور الصدع

جرف صغير تكون على السطح على امتداد خط الصدع.

fauna

هونة

مجموعة من الحيوانات (الحية أو الحفريات) توجد في مكان معين في زمن معين.

faunal succession

تتابع هوني

تتابع من أشكال الحياة خلال فترة من التاريخ الجيولوجي،
توضح أن الحياة خلال فترة زمنية تختلف عنها في فترة
سبقتها أو تلتها.

feldspar

فلمسبار

اسم لجموعة من معادن السليكات المرتبطة بعضها ببعض،
وتشمل الألوكليز والميكروكاين والسندمين والبلاجيوكليز
واللابرادوريت وغيرها.

fibro

خيوط

نمك دقيق ورقيق يشبه الخيط.

fibrous

خبيطى ليفى

وصف لما يتكون من ألياف.

filament

فتيل

خيوط دقيق أو ليفة دقيقة.

filiform

فتيلى (خيطى)

وصف لما يوجد على هيئة الخيط وكان رقيقاً جداً.

fissility

تَفْصِغٌ

قابلية سحق مميّنة لأن تتفصل إلى رقائق بسهولة على طول مستويات متوازية متلاصقة.

fission

انشطار

انفصال جسم ما أو تقسيمه إلى جزئين أو أكثر.

fjord

فيورد

أخدود عميق ضيق له جدران شديدة الانحدار يتكون بفعل فيضان الوديان المنحنية.

flint

فِلْطَان (فِلْت)

صخر سيليسى عديم التبلور، لونه أذكن مطلقاً في المادة.

flood plain

سهل فيضان

منطقة منخفضة تحد نهر ما، وتغطيها مياه النهر في حالة الفيضان.

flora

فُلُورَة

مجموعة من النباتات (الحية أو المتحجرة) توجد في مكان معين وفي زمن معين.

fluorescence

تَفْلُور (فَلُورَة)

تضوء معدن ما خلال تعرضه إلى إشعاع غير مرئي مثل الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية (أشعة إكس).

fluvial deposit

راسب طمىي

راسب تكون من الترسيب في الأنهار.

focus

بؤرة

نقطة في داخل الأرض ينشأ عندها الزلزال.

fold

طية

انتشاء أو انحناء يحدث للصخور في الظروف اللينة.

folded mountains

جبال مطوية

جبال تتكون نتيجة عملية طي الصخور.

foliated

مُتَوَرِّق

صفة لصخر أو معدن يتكون من أشكال شبيهة بالأوراق الرقيقة، مثل الميكا.

foliation

تَوَرِّق

البنية المتورقة (الرقائقية) في الصخور المتحولة.

footwall

الجدار السفلي

الصخر الموجود أسفل الجدار المعلق في صدع مائل.

foramen

فَقَب

في الممرجانيات: فتحة في المصراع العنقي قرب المتقار، حيث يمتد المصراع العنقي من خلال الصدفة.

foraminifera

فورامينيفيرا

حيوانات وحيدة الخلية ميكروسكوبية الحجم في المادّة لميت دورا مهما في ترسيب الصخور الجيرية، وهي من طائفة ساركودينا التي تتبع شعبة الأوليات.

formation

تكوين

وحدة صخرية تفيد في رسم الخرائط والتمييز والمضاهاة على أساس الصفات الليثولوجية.

fossil

حفريّة

بقايا أو آثار كائن حي دفن بأسباب طبيعية وحفظ في صخور القشرة الأرضية.

انظر: حفريّة مرشدة **guide fossil**.

fossiliferous

حفريّ

وصف لما يحتوي على بقايا عضوية متحجرة.

fracture

مَكْسَر

نسيج السطح المكسور حديثاً في عكس اتجاه التشقق في المادن، وقد يكون المكسر معارياً أو مستوياً أو شطوياً، أو غير ذلك.

fragmental rock

صخر حُطَامِيّ

صخر تكون من قطع من مادن أو كِسَر من الصخور الأقدم التعم بعضها ببعض.

fumaroles

فُخَّات

فتحات أو أعناق توجد في مناطق بركانية وتتصاعد منها الغازات.

- G -

gabbro

جسَابرو

صخر ناري غليظ التعبّب يتكون أساساً من البلاجيوكليز والأركليز والبيروكسين.

galaxy

مَجَرَّة

نظام فلكي يتكون من آلاف الملايين من النجوم، مثل مجرة الطريق اللبنى.

gangue minerals

معادن عُدَّة

المعادن قليلة القيمة الاقتصادية هي خام ما.

garnet

جَارُونِت

مجموعة من معادن السيليكات المعقدة تميز صخورا متحولة معينة وقد تكوّن بلورات لونها أحمر كاملة الأوجه البلورية.

gastroliths

صخور المعدة

حصوات pebbles مستديرة الشكل ومصقولة جيدا توجد مصاحبة لبعض الزواحف المتحجرة ؛ وتسمى أحجار المعدة

stomach stones

gastropod

بطنقدمى

واحد من اللافقاريات المائية أو البرية، وحيد المصراع، صدفته جيرية من النوع الملفوف، مثل الحلزون. وهو من طائفة البطنقدميات التى تتبع شعبة الرخويات.

geanticline

حَتِيرة كبرى

انعحاء إلى أعلى يحدث في القشرة الأرضية ويمتد مئات الأميال.

Geiger's counter

عداد جيجر

جهاز يستخدم للكشف عن النشاط الإشعاعى.

gem

جوهرة

حجر كريم مقطوع ومصقول.

gemology	جيمولوجيا الملم الذى يختص بدراسة الأحجار الكريمة.
gemstone	حجر كريم اسم يطلق على الأحجار الكريمة سواء أكانت مقطوعة أم مصقولة أو على حالتها الأولية قبل القطع والمصقل.
gene	جين الوحدة البنائية الأساسية للوراثة التى تحدد المظاهر الوراثية.
genetic	وراثى يختص للدلالة عن الأصل.
genetics	علم الوراثة قسم من الجيولوجيا يختص بالوراثة واختلافاتها فى الكائنات الحية.
genus	جنس مجموعة من الأنواع القريبة بعضها من بعض فى الكائنات الحية. والجمع genera.
geochronology	جيوكرونولوجيا علم دراسة الزمن وعلاقته بالتاريخ الجيولوجى.
geode	شجوة فراغ فى الصخر شكله دائرى أو كروى، وفى المادة يُعَدُّ هذا الفراغ ببلورات معدنية.
geologic age	عمر جيولوجى عمر جسم ما يعبّر عنه بمصطلح الزمن الجيولوجى، مثال ذلك سرخسسيات الدور الكريوتى، ودينوسورات الدور الطباشيرى.

geologic map

خريطة جيولوجية

خريطة توضح توزيع مكاشف الصخور، والبنيات، والرواسب المصنفة.

geologic range

مدى جيولوجي

فترة دوام duration كائن حي معلوم خلال زمن جيولوجي معين، مثال ذلك : من الكامبري إلى الحديث بالنسبة للمسرجانيات.

geologic - time scale

مقياس الزمن الجيولوجي

سجل مجنول لتقسيمات تاريخ الأرض.

geomorphology

جيومورفولوجيا

فرع من الجيولوجيا يختص بدراسة أشكال سطح الأرض :
ودراسة تطور مظاهر السطح.

geosyncline

قعيرة عظمية

طية مقمرة عظيمة هي القشرة الأرضية، يكون طولها هي
المائة مئات الأميال وعرضها عشرات الأميال.

geyser

مِرْجَلُ أَرْضِي (جيزر)

يندفع حار يفور على فترات ويخرج منه ماء ساخن ويغلي.

geyserite

جيزرليت

راسب سيليسي يتكون حول فتحات المراحل الأرضية
(الجيزرات) والينابيع الحارة.

glacier

مُتَلَجَّة

كتلة من الثلج الذي أعيد تبلوره، تتحرك ببطء وإلى الأسفل
نتيجة لقوى الجاذبية.

glass

زجاج

في الجيولوجيا : صخر غير متبلور قصيف بارد سريعا.

glassy texture

نسيج زجاجي

نسيج غير متبلور كثيف مثل الموجود في صخر الأيسيديان
وانواع معينة من الصخور البركانية الأخرى.

glauconite

جلوكونيت

معدن لونه ضارب إلى الاخضرار، يتكون عادة في البيئات
البحرية وتركيبه الكيميائي سلكات مائية للحديد
والبوتاسيوم.

gneiss

غيس

صخر متحول غليظ التحبيب، تترتب فيه المادن الحبيبية
وتتبادل مع مادن أخرى سطائحية الشكل مما يعطيها
مظهرا طبقي، بدون أن تتكون فيها شسترة schistosity.

goniatite

جونيائييت

من أسونويدات الراسقدمات، له خطوط درز تتكون من
سروج مستديرة وفضوص زاوية، ويتبع تحت طلائفة
الأمونيدات.

graben

أخدود

كثمة مضطربة طويلة ضيقة انخفضت إلى أسفل بين صدعين.

gradient

ممال

ميل طبقة تهر ما، يعبر عنها في المادة بقدم / ميل.

granite

جرانيت

صخر ناري متحبيب يتكون أساسا من الكوارتز والفلسبار
ويوجد فيه عادة الميكا أو الهورنبلند.

granitic texture

نسيج جرانيتي

نسيج غليظ، التحبيب، يميز الصخور النارية المتدخلة

Intrusive

granular texture

نسيج حبيبي

نسيج يتميز بحبيبات متشابهة، متساوية الحجم ؛ مثل صخر الجرانيت.

graptolite

جراپتوليت

كلائن حي منقرض، كان يعيش في مستنقعات في البحر وكان له هيكل كيتيني صلب ويعتقد أنه ينتمي إلى شعبة أشباه الحبلات **hemichordata** في شعبة الحبلات.

gravity fault

صدع جاذبية

انظر: صدع عادي **normal fault**.

greensand

رمل أخضر

رمل أو حجر رملي يحتوي على معدن الجلوكونيت الأخضر اللون.

groundmass

أرضية

أرضية من مواد متبلورة أو زجاجية توجد فيها البلورات الكبيرة في الصخور الفوهيرية التارية.

ground water

ماء أرضي

ماء تحت الأرض يوجد في نطاق التشبع في الجزء الأسفل من الوشاح الصخري، ويسمى أيضا الماء تحت السطحي والماء تحت الأرضي.

guide or zone fossil

حفيرية مرشدة

حفيرية لها مدى جيولوجى قصير وانتشار جغرافى واسع، ولذلك، تستخدم حفيرية مرشدة لتأريخ الصخور التى توجد فيها.

gypsum

جبس

كبريتات الكالسيوم المائية ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

- H -

habit

هيئة

الشكل المميز لبؤرة معدن ما.

hackly fracture

مكسر مُسَنَّ

خاصية معدن ينكسر ويكون سطح الكسر فيه غير منتظم ومسنن، مثل معدن النحاس.

hade

مَهَوَى

الزاوية بين مستوى الصدع والمستوى الأفقى.

halite

هاليت

ملح الطعام وتركيبه الكيميائى كلوريد الصوديوم Na Cl .

hematite

هيماتيت

أكسيد الحديد Fe_2O_3 .

hanging valley

وَادٍ مَعْلَقٌ

وَادٍ رَافِدِي يَدْخُلُ الْوَادِي الرَّئِيسِي عِنْدَ ارْتِفَاعٍ أَعْلَى مِنْ أَرْضِيَةِ الْوَادِي الرَّئِيسِي.

hanging wall

جِدَارٌ مَعْلَقٌ

الصخور الموجودة فوق الجدار السفلى فى صدع مثل.

hardness

صلادة

مقاومة الصخر أو المعدن للكسر أو الخدش.

hardness scale

مقياس الصلادة

مقياس عيارى يستخدم لتمييز الصلادة النسبية للمعادن.

herbivore

عُشْبَانِي

حيوان يقتذى على النباتات.

hexa-

سِتَّة

بادئة معناها ستة six.

hexagonal

سداسى

شكل له ستة أوجه وست زوايا ؛ نظام بلورى تكون الأوجه البلورية فيه مبنية على أربعة محاور متقاطعة ثلاثة منها متساوية وتوجد فى المستوى نفسه وتتقاطع فى زوايا؛ والمحور الرابع يعتمد على المحاور الثلاثة وقد يكون أطول أو أقصر منها .

hinge line

خط مفصّلة

فى المبرجانتيات: حافة الصدفة حيث يتمشق المصراعان، وهى المحاريب هو الحافة الظهرية للمصراع التى تتلامس باستمرار مع المصراع المقابل.

historical geology

جيولوجيا تاريخية

علم يبحث فى دراسة التاريخ الجيولوجى للأرض.

homologous structure

بنية متشابهة

بنيات أو أعضاء فى حيوانات مختلفة لها البنية الأساسية نفسها لكنها تستخدم فى أغراض مختلفة.

hook

خطاف

عمود منحني.

hornblende

هورنبلند

معدن من مجموعة الأمفيبول.

horst

نتق

كتلة مرتفعة بين صدعين.

hot spring

ينبوع حار

ينبوع يخرج منه ماء حار إلى سطح الأرض.

hydrologic cycle

دورة هيدرولوجية

عملية مستمرة يتبخر الماء فيها من البحر ليستقر على الأرض ثم يعود مرة أخرى إلى البحر.

hydrosphere

الغلاف المائي

كل الماء الموجود على سطح الأرض أو في الفراغات الموجودة تحت السطح.

- | -

Ice Age

العصر الجليدي

دور البليستوسين في الزمن الرابع من حقبة الكاينوزوي؛
زمن التلج العظيم.

ice cap

قلنسوة جليدية

غطاء جليدي في المناطق القطبية.

ice sheet

شرشف جليدي

كتلة ضخمة على شكل رابية من الجليد المتجمد تنتشر من
المركز في اتجاهات عديدة أو في كل الاتجاهات.

ichthysaur

إكثيسور

من الزواحف البحرية لحقب الحياة المتوسطة ويشبه الدلفين في شكله المام.

igneous rock

صخر ناري

صخر تكون من اللابة أو من الصهارة.

incandescence

توهج حراري

توهج مادة ساخنة.

inclusion

مُكْتَنَف

كسرة من صخر أو معدن يحيط به صخر أو معدن آخر.

index fossil

حفريّة دليل

انظر: حفريّة مرشدة guide fossil.

intermittent stream

نهر مؤقت

نهر يجف مجراه جزأ من الوقت.

intrusion

تَدْخُل

صخر ناري، يندفع في صخور أخرى بالمنطقة وهو في الحالة المنصهرة.

intrusive rock

صخر متدخل

صخر يندفع في صخور أقدم منه (وهو في حالة منصهرة)، ويكون ذلك في المادة على امتداد الصدوع أو الشقوق، والصخور المتدخلة لا تبلغ سطح الأرض، لكنها تتكشف على السطح نتيجة لعملية التعحات للصخور التي تملأ الصخور المتخلّة.

invertebrate

لا فقاري

حيوان ليس له عمود فقري (شوكي).

isometric

متساوي القياس

نظام بلورى تستند أشكاله البلورية إلى ثلاثة محاور متساوية تتقاطع في زوايا قائمة.

isoseismal

متساوي السيزمية

خط وهمي يصل بين النقاط التي لها شدة موجة زلزالية متساوية ويسمى هذا الخط باسم خط السيزمية المتساوية.

isoseismic line

خط متساوي السيزمية

انظر: متساوي السيزمية isoseismal.

isostasy

أيزوستاسية

حالة الاتزان العام للقشرة الأرضية.

isotopes

نظائر

عناصر لها العدد الذري نفسه، لكنها تختلف في الوزن الذري وبعض الصفات.

- ل -

joint

مفصل

كسر في الصخور لا تصاحبه إزاحة على جانبي الكسر.

Jolly-Kraus bal-

ميزان جولي - كراوس

ميزان زنبركي يستخدم لتمييز الوزن النوعي بصفة خاصة.

Jurassic

جوراسي

الدور الأوسط في حقبة الحياة المتوسطة.

- K -

kame	كيم
رابية صغيرة قِصْمية الشكل تتكون من الرمل المتطبق والجرول، وترسبت من نهر جليدى	
kaolin	كاولين
صلصال أبيض أو ضارب إلى البياض ينتج عن تحلل المسخور التى تحتوى على كميات كبيرة من الفلسبار.	
karst topography	طوبوغرافية الكارست
طوبوغرافية غير منتظمة تتميز بفجوات تشبه البالوعات ووديان بلا أنهار وكهوف وأنهار تحت أرضية.	
kettle	متحفض جليدى
منخفض يشبه الحوض فى الانجراف الجليدى، يتكون عندما تنوب كتل مدفونة من الجليد الذوى.	

- L -

laccolith	لاكوليث
كتلة كبيرة من المسخور التارية المتخذة تشبه العدسة فى شكلها.	
lacustrine deposits	رواسب بحيرات
رواسب تتكون على قيمان البحيرات.	
lamellar	رقائقي
مرتب على هيئة ألواح رقيقة.	

landslide

انفلاق أرضي

الحركة السريعة نسبيا لكتل كبيرة من الصخور، والتراب إلى أسفل التلال أو الجبال.

lapidary

صاقل

قماط وصاقل للأحجار الكريمة.

lapilli

لُبَيْلات

كمر صغيرة من الصخور البركانية مستديرة أو غير منتظمة الشكل تقذف من البركان أثناء ثورانه.

lateral

جانبي

جانبي أو بجانب.

lateral moraine

ركام مثلجي جانبي

حيد من الحريث مستطيل الشكل على امتداد الحافات الجانبية لمنحبة ألبية، ويُسَمَد معظمه من الركام السطحي المتناقص على المنحبة من جدران الوادي.

lava

لابة

الصخور المنصهرة على سطح الأرض، وتخرج من باطنها.

lava dome

قبة لابية

انظر: البراكين الدرعية shield volcano.

lava plateau

هضبة لابية

انظر: هضاب البازلت plateau basalts.

Lias

لياس

اسم بديل للجوراسي الأسفل.

Ignite	ليجنيت ضخم بني اللون ناعم.
limestone	حجر جيرى صخر رسوبى يتكون معظمه من كربونات الكالسيوم.
limonite	ليمونيت أكسيد حديد مائى غير متبلور.
lithification	تحجير المعملية التى تصبح بها الرواسب صخورا متصلبة.
lithology	ليثولوجيا دراسة ووصف الصخور بالمعين المجردة، وكذلك دراسة التسيج والتركيب لأى عينة صخرية.
lithosphere	الغلاف الصخري الجزء الصلب من الأرض.
load	حمولة كمية المواد التى تحملها عوامل التآحات (مثل الأنهار والمثلج أو الرياح) فى زمن معين.
lode	جبل عرق معننى سميك على غهرا المأكوفيا أو مجموعة من عروق الخفلات يمكن تجعيمها .
loess	طيس راسب من الغرين تسوقه الرياح إلى أماكن بعيدة عن المصدر.
longitudinal	طولى فى اتجاه مواز للطول.
lustre	بريق الظهر الذى يبدىه السطح القشيب شعر المجوى لمدن ما فى الضوء المنعكس.

macrofossils

حفريات كبيرة

الحفريات التي ترى بسهولة بالعين المجردة.

magma

مagma

مواد المصهور المنصهرة في باطن الأرض والتي تتكون منها
المصهور النارية عندما تبرد.

malleable

قاسابل للطرق

وصف للفلز أو المعدن إذا كان قابلا للترقق والمصعب دون أن
ينكسر.

mantle

وشاح

الجزء السميك الكثيف من الغلاف المصغرى أسفل القشرة
الأرضية ويمتد إلى عمق ميل تحت سطح الأرض.

mantle rock

صخر الوشاح

سطيحة من التربة المفككة أو صخر يغطي الأساس
المصغرى.

marble

رخام

صخر كربوناتى متبلور، وكان قبل تحوله حجرا جيريا أو
دولوميت.

marine

بحري

ينتمى إلى البحر، أو من البحر.

marsupials

جرأبيات

ثدييات أولية لها جيب أو جراب تضع فيه الصغار، وتوجد
الآن في أستراليا وأمريكا ؛ ومثلها الكانجارو.

كتلى (مُصنّمت) massive

هيئة للمعدن الذى يقتد إلى الشكل البلورى أو الشكل المقلد.

حركة الكتلة mass movement

حركة سطحية لمواد الأرض تنشأ أساسا بفعل الجاذبية.

دمار الكتلة mass wasting

انظر: حركة الكتلة mass movement.

أرضية matrix

المادة التى ينطمز فيها معدن معين، وأيضا الصخر الذى يلتصق به أحد أطراف بلورة ما.

منحطفات نهريّة meanders

سلسلة من المنحنيات المريضة الفصية الشكل فى مجرى نهر متطور.

تجوية ميكانيكية mechanical weathering

انظر: تفكك disintegration.

ركام متلجج متوسط medial moraine

جسم من الحريث شبيه بعهد مستطيل يتكون من اتصال ركامين متلجين جانبيين.

حفريات كبيرة megafossils

انظر: حفريات كبيرة macrofossils.

متوسط meso

بالغة تعنى وسط middle.

حقبة الحياة المتوسطة (الميزوزوى) Mesozoic Era

يتكون من أدوار الترياسى والجوراسى والطباشيرى.

metamorphic rock

صخر متحول

صخر نشأ عن صخور نارية أو رسوبية تمرضت لتغيرات هائلة من الضغط ودرجة الحرارة والبيئة الكيميائية.

metamorphism

تحول

تغير شامل للصخور والمعادن.

meteoric water

ماء جوى

المياه الأرضية الآتية أساسا من سقوط المطر.

meteorology

علم الأرصاد الجوية

العلم الذى يختص بالغلاف الجوى والتغيرات التى تمر به.

mica

ميكا

مجموعة من معادن السيليكات الموجودة فى الصخور.

microfossils

حفريات دقيقة

حفريات ميكروسكوبية الحجم.

milky way

الطريق اللبنى

المجرة التى توجد فيها الأرض.

mineral

معادن

مادة غير عضوية تكونت فى الطبيعة ولها صفات فيزيقية وكيميائية محددة.

mineralogy

علم المعادن

العلم الذى يختص بدراسة المعادن ويشمل وجودها وتركيبها وأشكالها وخواصها وبنيتها.

Miocene

ميوسين

الدور الرابع من الزمن الثالث Tertiary فى حقبة الحياة الحديثة، واستمر لمدة ١٤ مليون سنة تقريبا.

Mississippian

الميسيسيبياني

مصطلح يستخدم في أميركا يكافئ الكريونى السفلى في أوروبا.

Mohorovicic Discontinuity

الانقطاع موروفيتشيك

نطاق التماس بين القشرة الصخرية للأرض والوشاح ، ويعرف أيضا باسم موهو Moho.

Mohs scale

مقياس موهس

مقياس لتعيين الصلادة التسمية للمعادن.

monadnock

مونادنوك

تل بمنزل تظف كاتر بعد عملية التحات فوق سطح سهل ما .

monoclinic

أحادي الميل

نظام بلورى تستند الأوجه البلورية فيه إلى ثلاثة محاور غير متساوية يتقاطع بعضها مع بعض، اثنان منها يتقاطعان عموديا والثالث مائل.

monotremes

أحادي المسلك

ثدييات أولية تضع البيض، وتوجد الآن فقط في أستراليا مثل حيوان منقار البطة platypus.

moon

قمر

جُرم سماوى يدور حول كوكب.

moraine

رُكَّام مثلجى

تراكم من المواد الصخرية تحمله المتالج وترسيه.

morphology

مورفولوجيا

علم دراسة البنية أو الشكل.

mountain

جبل

أى جزء من الأرض يرتفع بشكل ملحوظ عن الأراضي المجاورة له، وهى المادة تكون له جوانب منحدره وله قمة مدببة صغيرة المساحة نسبيا .

mountain glacier

مثلجة جبلية

انظر: مثلجة ألبيه *Alpine glacier*.

mudflow

انسياب طميى

حركة كتلة كبيرة من الطين والصخر والماء إلى أسفل وادى أو مجرى نهر ما .

mud volcano

بركان وحلى

ينابيع فقاعية يخرج منها الوحل وغالبا يكون لونه زاهيا .

multicellular

عديد الخلايا

يتكون من أكثر من خلية واحدة.

muscovite

مسكوفيت

ميكاً بيضاء تتميز بوجودها على هيئة بلورات سطلاحية بيضاء فضية اللون.

mutation

طفرة

تغير موروث ينتقل نتيجة لتغيرات فى كروموسومات أو جينات الخلية الناقلة للوراثة.

- N -

natural selection

الانتخاب طبيعى

بقاء الكائنات الحية بسبب قدرتها على التكيف مع الظروف المحيطة بها وكذلك ظروف التغيرات البيئية.

nebula

سديم

كتلة غازية ضبابية من الغازات أو النيازك توجد في الفضاء.

névé

نيف

ثلج وجليد حبيبي يصبح فيها بعد جليدا متجمعا .

nodule

عُقَيْدَة

قطعة مستديرة من الصخر أو المعدن.

nonconformity

عدم توافق

انظر: لا توافق *disconformity*.

normal fault

صدع عادي

صدع تحرك فيه الحائط الملق إلى أسفل بالنسبة إلى الحائط السفلي، ويصرف أيضا باسم صدع الجاذبية.

- O -

oblate

متبجح

شكل مفلطح عند القطبين.

obsidian

أوبسيديان

صخر بركاني زجاجي.

oceanography

علم المحيطات

علم دراسة البحار وخصائصها.

octa -

ثمانى-

بادئة معناها ثمانية *octa-*.

offshore bar

قضيب بحري

قضيب رملي يوازي خط الساحل تقريبا.

oil shale

مُفَلَّة زَيْت

مفلة عضوية إلى حد كبير، ومن الممكن استخلاص النفط منها.

Oligocene

أوليغوسين

قسم من الزمن الجيولوجي وهو دور في حقبة الحياة الحديثة يقدر أنه استغرق الفترة ما بين ٤٠ مليون سنة و٢٨ مليون سنة مضت.

olivine

أوليفين

معدن سليكاتي مكون للصخور، ولونه أخضر أكن.

ontogeny

تطور الفرد

تاريخ حياة أو تطور كائن حي منفرد.

oolitic

سُرِّي

مصطلح توصف به الصخور والمعادن التي تتكون من جسيمات صغيرة تسمى سرثيات وهي تشبه بيض الأسماك.

opaque

معتم

صفة لأي جسم لا ينفذ الضوء من خلاله.

operculum

غِطاء

غطاء أو زائدة لفلق فتحات بعض الأصداف.

Ordovician

أوردوفيسشي

ثاني أدوار حقبة الحياة القديمة.

ore

خام

راسب بمعنى فلزي.

organ

عضو

جزء من نبات أو حيوان يؤدي وظيفته كوحدة، ومثال ذلك القلب والمعدة وغيرهما.

organic

عضوي

وصف لما يتصل بالكائنات الحية أو يستمد منها.

organism

كائن حي - مُتَعَصٍّ

أي كائن حي.

orogeny

أوروجينية

عملية أدت إلى نشوء الجبال وتطور بنيتها.

orthoclase

أرثوكليز

فلسبار يتميز الصخور النارية الحمضية ؛ مثل الفلسبار البوتاسي.

orthorhombic

معيّتي قائم

نظام بلوري تبني فيه الأوجه البلورية على ثلاثة محاور غير متساوية تتقاطع كلها بزوايا قائمة.

outcrop

مُنْكَشَفٌ = مَكْشَفٌ

مكان تظهر عنده الطبقات على السطح.

outwash plain

سهل مكتسحات

سهل عريض يتكون من رواسب توضع من أنهار من الشالغ المنصهرة.

ox-bow lake

بحيرة قوسية

بحيرة حلالية الشكل تكونت نتيجة لانحلال منطف عن الجزء الرئيسي من النهر.

oxidation

تأكسد

اتحاد الأكسجين كيميائيا مع مواد أخرى.

pahoehoe

لاية حبلية

نوع من اللاية المتصلبة يتميز بسطح ناعم حبلى الشكل.

Palaeocene

باليوسين

أول أدوار الزمن الثالث من حقبة الحياة الحديثة.

palaeoecology

إيكولوجيا قديمة

علم يدرس العلاقة بين الأحياء القديمة وبيئاتها.

palaeogeography

جغرافيا قديمة

علم يدرس الجغرافيا القديمة لسطح الأرض.

palaeontology

بالينتولوجيا = علم الحفريات

العلم الذى يختص بدراسة الحفريات.

Palaeozoic

الپالئوزوى (حقبة الحياة القديمة)

الحقبة الذى يضم أدوار الكامبرى والأردوفيشى والسيلورى والديفونى والكربونى والبرسى.

paraconformity

شبه توافق

انظر: عدم توافق . unconformity

peat

خث

مواد نباتية لونها بنى اذكن متحللة جزئيا ومتراكمة. وهى تمثل أول مرحلة تكون الفحم.

pedicle opening (pedicle foramen)

فتحة العنق

انظر: ثقب . foramen

pegmatite

بيجماتيت

صخر نارى متدخل غليظ، التحبب، يوجد عادة على هيئة عدسات أو جُند.

pelecypods

محاريات

لا فقاريات مائية ثنائية المصراع، تتبع طائفة المحاريات
pelecypoda التي تتبع شعبة الرخويات mollusca.

peneplain (peneplane)

سهل

منطقة منخفضة الارتفاع متسعة نتجت عن عمليات التعات
المستمرة.

Pennsylvanian

بنسلفاني

المكافئ الأمريكي لتكوين جريت حجر الطاحون والنعم في
الدور الكربوني في أوروبا.

peridotite

بيريدوتيت

صخر ناري قاعدي غاوط التعيب يتكون أساساً من معادن
الأوليفين والبهروكسين.

period

دور

قسم من الزمن الجيولوجي يلي الحقبة Era، ويسبق
المصر Epoch

permeable

منفذ (نفاذ)

جسم له القدرة على إمرار الموائع.

Permian

برمي

آخر أدوار حقبة الحياة القديمة.

permineralization

تمعدن

إضافة مواد معدنية إلى الأصناف الأصلية عن طريق
الترسيب في الفراغات البهنية، وذلك غير الإحلال محل
المواد الأصلية للأصناف.

petrography

بتروجرافيا

علم وصف الصخور.

petrological microscope

ميكروسكوب (مجهر) بترولوجى

ميكروسكوب لدراسة القطاعات الرقيقة للصخور.

petroleum

نفط (بترو)

خليط معقد من الهيدروكربونات يوجد فى صخور القشرة الأرضية.

petrology

بترولوجيا (علم الصخور)

دراسة التاريخ الطبى للصخور بكل الطرق الممكنة.

phenocrysts

بلورة بارزة

بلورة كبيرة بالمقارنة بالبلورات التى تحيط بها.

phosphatic

فوسفاتى

وصف لما يحتوى على معادن الفوسفات أو يفسفها.

phylogeny

تاريخ تطور السلالة

التاريخ السلالى لمجموعة من الأحياء.

phylum

شعبة

أحد الأقسام الأولية فى عوالم النبات والحيوان.

physical geology

جيولوجيا فيزيقية

علم دراسة مواد الأرض وتركيبها وتوزيعها والقوى التى سببتها.

physical weathering

تجوية فيزيقية

عملية تكسير وتفكك الصخور بطرق فيزيقية ؛ وتمعرف أيضا باسم التجوية الميكانيكية أو التفتك.

physiography

فيزيوجرافيا

وصف الظواهر الطبيعية الموجودة على سطح الأرض.

piedmont glacier

مثلجة قدم الجبل

مثلجة تتكون نتيجة اتحاد (تجمع) عدة مثلج ألبيه عند أقدام الجبال والتى تنشأ منها المثلج الألبية.

pitch

ميل الطية

الزاوية المحصورة بين محور طية والمستوى الأفقى.

plagioclase

بلاجيوكليسز

خليط من الفسيلات يعتمى الصوديوم والكالسيوم ويوجد فى كل الصخور التلرية الحامضية والقاعدية.

plain

سهل

منطقة ذات ارتفاع منخفض تسفلها طبقات أفقية.

plate tectonics

تكتونية الألواح

نظرية تقول بأن سطح الأرض مقسم إلى ألواح كبيرة تتحرك بالنسبة لبعضها البعض.

plateau

هضبة

مرتفع قمتة مسطحة نسبيا وتحتها طبقات أفقية أساسا.

plateau, basalts

هضاب بازلتية

فرشات أو شرافض ضخمة من البازلت نيطت من شقوق القشرة الأرضية ؛ وتسمى أيضا هضاب اللابة أو هضبان البازلت.

playa

بلايا

الأرضيات الجافة للبحيرات المؤقتة الموجودة فى المناطق الصحراوية.

Pleistocene

بليستوسين

أول أدوار الزمن الرابع فى حقبة الحياة الحديثة، وهو إلى دور البليوسين.

pleural grooves

حزوز جانبية

فى تحت طائفة الترابيلويتا : الأجزاء الجانبية للمصدر والنَّتب.

Pliocene

بليوسين

آخر أدوار الزمن الثالث في حقبة الحياة الحديثة، وهو يلي دور الميوسين، واستمر هذا الدور حوالي ١٢ مليون سنة.

pluton

بلوتون

جسم صخر ناري تصلب من الصهارة في الأعماق.

plutonic rock

صخر جوفي (بلوتوني)

انظر: صخر متدخل intrusive.

polygonal

صديق الزوايا

جسم له أكثر من أربع زوايا.

polyp

بوليب

حيوان مائي من الجوفهمعويات له زوائد كثيرة، وشكله أسطواني أو على شكل الفنتجان، كما في المرجان.

porcellaneous

بورسيليني

وصف لما يشبه الخزف (البورسيلين).

porosity

مسامية

النسبة المئوية للمسام الموجودة في صخر ما، والتي يمكن لها الاحتفاظ بالموائع في داخلها.

porous

مسامي

صفة للجسم الذي يحتوي على مسام أو فراغات بداخله.

porphyry

فرفيري

صخر ناري يحتوي على بلورات كبيرة توجد في وسط دقيق التسبب.

posterior

مؤخرة

جهة الخلف من كائن حي ما.

pothole

حفرة قِدرية

حفرة دائرية في صخور مجرى نهر ما، وشكلها يشبه القدر.

Pre-Cambrian

ما قبل الكامبري

أقدم أحقاب الزمن الجيولوجي، وهو أقدم من حقبة الحياة القديمة، ويقسم إلى الأركيوزوي والبروتيروزوي.

protista

بروتستا

شعبة تضم أبسط أنواع الكائنات الحية حقيقية النوى ولها صفات مختلطة من النباتات والحيوانات ؛ مثال ذلك البكتيريا والطعالب والرايذولاريا (الشماعيات).

pseudofossils

حفريات زائفة

أجسام غير عضوية تشبه الحفريات مثل الشجيرات dendrits والدرنات المسطرية concretions.

pseudomorph

شكل خادع

معادن يتخذ شكل معادن آخر حل مكانه.

pseudopodium

قدم كاذبة

امتداد مؤقت للبروتوبلازم في أنواع معينة من الكائنات وحيدة الخلية، وهو عضو حركة وتقنية.

pterosaur

بتيروصور

زاحف طائر من حقبة الحياة المتوسطة.

pyrite

بيريت

معادن صلب لونه نحاسي أصفر يتكون من كبريتيد الحديد FeS_2 ويسمى النعش الخادع.

pyroclastic

هتاني بركاني

كسر من المصهور تكونت من الكسارات الصخرية التي
قذفها البراكين ؛ مثل القنابل البركانية والرماد البركاني.

- Q -

quartz

كوارتز

معدن تركيبه ثاني أكسيد السيلكون (SiO_2) وهو من
المعادن الشائعة في أنواع الصخور المختلفة.

quartzite

كوارتزيت

صخر متحول عن الحجر الرملي.

Quaternary

الدور الرابع

أحدث فترة في حقب الحياة الحديثة ، وهو يلي الدور
الثالث.

- R -

radial symmetry

تماثل شعاعي

انظر: تماثل symmetry.

radioactivity

نشاط إشعاعي

اضمحلال تلقائي لنواة ذرية يصاحبه انطلاق طاقة.

recapitulation law

قانون الإعادة

انظر: القانون الحيوي biogenetic law.

recessional moraine

ركام منحسِر

حيد من الحريث تكون من انحصار المثلج.

recrystallization

إعادة تبلور

نمو بلورات صغيرة لتصبح أكبر حجما تحت ظروف مناسبة

recumbent fold

طية مضطجعة

طية محور الملى فيها أفقى تقريبا .

red beds

طبقات حمراء

صخور رسوبية حمراء اللون.

reef

شعاب

مرتفع أو حيد على قاع البحر يصل إلى السطح غالبا، ويتكون أساسا من مواد عضوية خلفتها كائنات حية مثل المرجين وغيرها .

rejuvenation

تصايب

تغيرات تسبب زيادة ممال نهر ما .

relief

تضاريس

عدم انتظام سطح الأرض ؛ الفرق في الارتفاع بين أعلى نقطة في المنطقة وأكثر نقطة انخفاض في المنطقة .

replacement

إحلال

نمط من التحفر، تُزال فيه أجزاء عضوية صلبة من الحفرة بواسطة المحاليل، وفي الوقت نفسه يتم ترسيب مواد أخرى في الفراغات التي نتجت عن عملية الإزالة، وتسمى هذه العملية بالتصنعن.

reverse fault

صدع معكوس

انظر: صدع دسر . thrust fault .

revolution

ثورة

حركة دائرية بانية للجبال في التاريخ الجيولوجي، ومثالها الثورة الألبية .

Rhnetic

رأثيتى

عصر فى حقب الحياة المتوسطة وهو وسط بين الدورين
الترياسى والجوراسى.

rhynolite

ريونيت

صخر بركانى دقيق التعيب أو من النوع المتدخل الضحل وله
مثل تركيب الجرانيت تقريباً.

rift valley

وادی أخدود

انظر: أخدود graben.

ripple marks

علامات التيم

تمرجات موجية الشكل توجد على أسطح المواد غير
المتماسكة، وتتج من فعل الرياح أو المياه.

rock

صخر

كتلة من مواد معدنية تتكون فى الطبيعة وتكون جزءاً أساسياً
من القشرة الأرضية.

rock-forming minerals

معادن مكونة للصخور

المعادن الشائعة التى تكوّن نسبة عالية فى تركيب صخور
الغلاف الصخرى

rock glacier

متلجة صخرية

ركام صخرى على هيئة لسان يتحرك ببطء بطريقة المتلجة.

rock salt

ملح صخرى

معين الهاليت أو الملح المادى وتركيبه الكيميائى Na Cl .

rockslide

الزلاق صخرى

الحركة السريعة نسبياً للمواد الصخرية المتككة حديثاً
وتكون الحركة إلى أسفل على طول نطاقات انفصال المواد
الصخرية.

rock unit

وحدة صخرية

تقسيم صخري مبني على أساس الصفات التمييزية
والجيولوجية المحددة، ولا يعتمد التقسيم على الزمن
الجيولوجي ! سواء كانت مجموعات أو تكاوين أو أعضاء.

Rossi-Forel Scale

مقياس روسي - فوريل

مقياس يستخدم للدلالة على شدة الزلزال.

run-off

ماء جاري

الماء الذي ينطلق على سطح الأرض.

- S -

salt plug

سدادة ملح

أجسام من الملح (أو الجبس) أنبوبية الشكل رأسية تتكون من
الممران الرأسى للملح الواقع تحت ضغط، وقد اندفع الملح
خلال الرواسب المحيطة به لكي يصل إلى وضعه الحالي.

sand

رمل

حبيبات صغرى، تركيبها المعدني الكوارتز عادة ويتردد حجم
الحبيبة منها بين ٢ ملمتر و ١/١٦ ملمتر.

sand dune

كتيب رملي

حد أو تل من الرمل ترسب بواسطة الرياح.

sandstone

حجر رملي

صخر رسوبي يتكون من الرمل المتماسك.

satellite

قابع سماوي

انظر: القمر moon.

schist

شيسيت

صخر متحول يحتوى على وفرة من معادن مرتبة على هيئة ألواح، ويشتمل الصخر بسهولة فى اتجاهات موازية للأسطح المرقبة فى هيئة الألواح.

scolerondont

فكوك الحديدان

الفكوك الكهنتية والقرنية أو السيليسية للحديدان.

seafloor spreading

انتشار قاع البحر

ظاهرة تنتج من استحداث مواد عند حيد وسط المحيط وتنتشر هذه المواد بعيدا عن الحيد فتؤدى إلى انفصال القارات وزحزحتها.

sediment

راسب

مواد تترسب نتيجة لتوضع من وسط ناقل مثل الماء أو الهواء.

sedimentary rock

صخر رسوبى

صخر يتكون نتيجة تصلب الرواسب.

sedimentation

ترسيب

عملية ترسيب جسيمات الصخر (الرواسب) التى تؤدى إلى تكوين الصخور الرسوبية.

seismogram

سيزموجرام

سجل زلزالى يسجله جهاز السيزموجراف إثر حدوث زلزال.

seismograph

سيزموجراف

جهاز يستخدم فى تسجيل الهزات الأرضية.

seismology

علم الزلازل

الدراسة العلمية للزلازل والهزات الأرضية الأخرى.

septum

حاجز

فاصل أو جدار للتقسيم، فهو فاصل بين الحجرات في
اصداف fusulinids، وفي المراجعين هو أحد الألواح
الشماعية الجيرية في المرجانة، وفي الراسقدميات
هو الحاجز المستعرض بين الحجرات.

series

نسق

المنشور التي تكونت خلال حقبة، وهو المصطلح
الاستراتيجرافي في الزمن الأقل من نظام system.

shale

مُثَلَّة

صخر رسوبي يتكون من رقائق من الطين المتصلب
والصلصال والقرين.

shield

درع

منطقة مترامية من صخور ما قبل الكامبري المكتشفة.

shield cone

مخروط درعي

انظر: بركان درعي shield volcano

shield volcano

بركان درعي

بركان يتكون من اللابة بصفة مطلقة، ويعرف أيضا باسم
مخروط درعي أو قبة اللابة أو درع بركاني.

silica

سليكا

ثاني أكسيد السليكون (SiO_2).

siliceous

سيليسي

وصف لما يحتوي على السليكا أو ينتمي إليها.

silicification

سيلسة

عملية الاتحاد مع السليكا أو الاختلاط بها.

مُتَسِيلَمِس

silicified

وصف لما يحتوى على كميات كبيرة من الكوارتز أو السليكا، أو حدثت له عملية إحلال بالسليكا.

سد أفتى

silt

صهارة متصلة تدخلت بين طبقات الصخور الرسوبية.

شُرِين

silt

راسب طينى دقيق التحب يتكون من جسيمات حجم الحبيبة منها $1/16$ إلى $1/256$ مم.

سيلورى

Silurian

ثالث أقدم أدوار حقبة الحياة القديمة وهو أقدم من الديفونى وأحدث من الأوردويفشى.

بالوعة

sink

انظر: فجوة بالوعية **sink - hole**.

فجوة بالوعية

sink - hole

منخفض على سطح الأرض ينشأ عن ظاهرة الانهيار الناتج عن ذوبان الصخور السفلية : ويعرف أيضا باسم " بالوعة "

sink

لُزْدَوَاز

slate

صخر متحول دقيق التحب شديد الدمج، يتفصل بسهولة إلى رقائق وهو ناتج عن تحول الطفلة.

مساقل

slickensides

أسطح صخرية مصقولة تتكون من انزلاق كتلتين صخريتين الواحدة على الأخرى بفعل عمليات التصدع.

slump

قَدَهور

انزلاق مصغير نسبها يحدث في كتل الصخور أو التربة ويكون اتجاهه إلى أسفل.

smelting

تنقية بالمصهر

عملية يتم فيها اختزال الخام المعدني إلى فلز.

snow line

خط الثلج

المستوى الذي يوجد الثلج أعلاه طوال العام

soil

تربة

صخر متكسر ومتحلل به مواد عضوية مضمحلة.

solar system

النظام الشمسي

الشمس والأجرام السماوية التي تدور حولها.

solifluction

انثيال التربة

حركة بطيئة لكتلة من التربة ، وهي خاصية مميزة للمناطق القطبية الشمالية والشبهية بالقطبية .

solitary

منفرد

وصف لكائن حي ليس فرداً في مستعمرة، بل يعيش بمفرده.

species

نوع

أحد الأقسام الصغيرة الطبيعية في التصنيفات الحيوية.

specific gravity

وزن نوعي

وزن المادة مقسوماً على وزن حجم مساو لها من الماء، وتسمى أيضاً الكثافة النسبية، ودرجة الحرارة القياسية المستعملة لقياس الوزن النوعي هي درجات مئوية.

specific name

اسم نوعي

الاسم الذي يطلق على النوع *species*، ويكون هو
الاسم الثاني الذي تسمى به الحفريه مثل *sapiens* في
Homo sapiens.

spheroidal

كرواني

شبيه بشكل الكرة (كرة مشوهة).

spicule

شوكه إسفنجية

إحدى مكونات هيكل الإسفنج، وتتكون من جسيمات ممدية،
قد تكون جيرية أو سيليسية.

spire

حلزون

أحد الأجزاء الرئيسية في صدفة البطنقيصيات الملفوفة
ويكون مع لمة الجسم الصدفة الحلزونية.

spit

قضييب رفيع

قضييب رملي يشبه الإصبع ويمتد في المياه خارجا من
الشاطئ.

spring

ينبوع

مكان يصل فيه الماء الأرضي إلى السطح خلال فتحات
طبيعية .

stack , sea

قوائم بحسرى

عمود صخري منمزل، وجوانبه شديدة الانحدار نتيجة
لثغات الأمواج لخط الشاطئ.

stalactite

ستالاكتيت (هانيط)

راسب يتدلى من أسقف الكهوف ويتكون نتيجة لبخار
المحاليل فتبدو كدلايات من السقف.

stalagmite

ستالاجمايت (صاعد)

راسب يتكون نتيجة لتبخر المحاليل على أرضيات الكهوف
فيبدو كأنه صاعد من الأرضية.

star

نجم

كتلة هائلة من الغازات المتوهجة الملتهبة في السماء ، مثل
الشمس.

steinkern

صبة داخلية

قالب داخلي لمنطقة مثلاً.

stock

ستوك

جسم من الصخور النارية، بيضى الشكل أو دائرى يزداد
حجمه مع زيادة العمق، وأرضيته غير معلومة ومساحة
سطحه المتكشفة أقل من الميل المربع.

stoping

اجتياح

إحدى العمليات التي يتم بواسطتها تدخل الصخور النارية
في صخر إقليمي، حيث تتحرك الصهارة إلى أعلى وتتكمز
أجزاء من الصخر الاقليمي وتسقط في الصهارة حيث
تندمج مع الكتلة المنصهرة.

stratification

طباقية

وجود الصخور في شكل طبقات في الصخور الرسوبية.

stratigraphy

استراتيجرافيا

فرع من الجيولوجيا يختص بتعرف وتفسير الصخور
الطباقية وبخاصة ليثولوجيتها، وتناوبها، وتوزيمها وكذلك
مضاماتها.

stratovolcano

بركان طباقى

انظر: مخروط مركب Composite cone.

stratum

طبقة

طبقة مفردة أو سطحية من الصخور الرسوبية.

streak

حُكَاكَة (مخدش)

لون مسحوق المعدن الناعم، ويميز بحد المعدن بقطعة من البورسلين غير المصقول.

streak plate

لَوْحَةُ الْحُكَاكَة (المحك)

قطعة من البورسلين غير المصقول أو قالب منه يستخدم لتعيين مخدش المعدن (حكاكة المعدن).

stream capture

أمرو نهري

انظر: القرصنة النهرية stream piracy.

stream piracy

قرصنة نهريّة

انتقال الماء من نهر إلى نهر آخر نتيجة لاختلاف ميل المجرى.

striate

مَحْرَز (مُثَلَّم - مَحْطَلَم)

وصف لما به حُرُوز أو ظم.

striation

تَحْرِز

خطوط دقيقة متوازية بينها مسافات ضيقة للغاية.

strike

مَضْرِب

اتجاه الخط (حقيتي أو وهمي) الناتج عن تقاطع طبقة أو طبقة مع المستوى الأفقي ، ويكون المضرب عموديا على الميل.

strike - slip fault

صَدْعُ مَضْرِب مُزَلَق

صدع تكون فيه الحركة في اتجاه مضرب الصدع.

structural geology

جيوولوجيا بنيائية

فرع من الجيولوجيا يختص بدراسة بنيات الأرض (الصخور وعلاقتها بعضها ببعض).

structure

بنية

ظاهرة فيزيقية للصخور، مثل التماسك والتطبيق والطي والتشق وغيرها.

subglacial stream

نهر تحت جليدي

نهر يسرى في نفق تحت متجة.

sublimation

تسامي

عملية تتغير فيها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة، ثم ترجع مرة أخرى إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة.

subsidence

هبوط

هبوط القشرة الأرضية إلى أسفل.

subsurface

تحت السطح

انظر: مياه أرضية ground water.

subterranean water

مياه تحت أرضية

انظر: مياه أرضية ground water.

superposition law

قانون تعاقب الطبقات

قانون ينص على أنه في أي تتابع صخري لم يتعرض للاضطراب، تكون الطبقات الأحدث فوق الطبقات الأقدم منها.

suspension

تعلق

الحالة التي تكون فيها حمولة النهر معلقة في الماء ؛ بين القاع والسطح.

الخط الذي يصل بين جزئين في تركيب كلثن حى ؛ في الزئيقاتيات هو الخط الذي يصل بين لوحين، وفي البلقدمات هو الخط الواصل بين اللقات كما يظهر من خارج الصدفة، وفي الراسدمات هو الخط الواصل بين الحاجز وجدار الصدفة.

طية متماثلة

symmetrical fold

طية يكون المستوى المحورى فيها رأسيا، ويكون الميل في كل طرف من طرفى الطية متماويا.

تماثل طية

symmetry of fold

التكرار المكوس لأجزاء الطية بالنسبة لمحورها.

شعيرة

syncline

طية مقعرة لأسفل في الصخور الطيانية.

نظام

system

في الاستراتجرافيا : الصخور التى تكونت خلال فترة معينة، وفي الاصطلاح الزمنى الاستراتجرافى : الثانى فى المرتبة فوق النمق series وفي علم المادن : أحد ستة أقسام تنقسم إليها البلورات على أساس التماثل.

- T -

قَصْدِيّ

tabular

جسم له سطح كبير متسطح وورقيق نسبيا .

كعب (تالوس)

talus

كتلة من الركام الصخرى تتجمع عند سفلة تل شديد الانحدار أو جرف.

tarn

بحيرة جبلية

بحيرة جبلية صغيرة تكونت في دارة بعد إزالة جليد الثلجة.

tarnish

فقدان اللمعان

تغير في درجة لمعان السطح في المعادن الفلزية.

taxonomy

تصنيف

فرع من العلم يختص بالتقسيم، وبخاصة في النبات والحيوان.

tectonic earthquake

زلازل تكتونية

زلازل ينشأ من حركة قشرية تكتونية مثل الصدع.

tectonic movement

حركة تكتونية

حركة تنشأ من تحرف القشرة الأرضية.

tenacity

تماسك

مقاومة المعادن ضد التكسر، وتوصف المعادن بأنها إما أن تكون قابلة للطرق، أو قابلة للسحب، أو قابلة للتقطع، أو صلبة.

terminal moraine

رُكَّامٌ طرفي

ركام يتكون عند أبعاد نقطة تصل إليها الثلجة، يعرف أيضا باسم نهاية الركام.

Tertiary

الزمن الثالث

أقدم فترة زمنية في حقبة الحياة الحديثة وهو أقدم من الزمن الرابع.

test

صدفة

الغطاء الواقي في بعض الحيوانات اللاقارية.

tetragonal

رباعي

أحد النظم البلورية الستة.

تفسير

texture

مظهر فيزيقي للصخر يتحدد بشكل المواد التي تُكوّن الصخر وحجمها وطريقة ترتيبها.

شبيهة

theca

في الجوفعمويات: الجدار المحد أو الموجود قريبا من حلقة الهيكل الخارجى ؛ وفي الجلنشوكيات الهيكل الرئيسي للجسم (أو الكأس) الذى يؤوى أجزاء جسم الحيوان الرخوة؛ وفي الجرابتوليتات هو أى فتجان أو أنبوية من المستمرة.

صدر

thorax

في الترايلويتا : جزء الجسم الموجود بين الرأس والذنب.

صدع دسر

thrust fault

صدع يكون فيه الحائط الملق قد تحرك إلى أعلى بالنسبة للحائط السفلى، ويعرف أيضا بالصدع المكموس.

حريت

tilt

راسب متلجى، غير متطبق وغير متماسك.

حريت متصلب

tilite

راسب متلجى متطبق ومتماسك.

وحدة زمنية

time-unit

جزء من الزمن الجيولوجى المستمر، مثال ذلك الأحقاب والأدوار والمصور والأعمار والأحيان.

وحدة زمنية صخرية

time-rock unit

انظر: وحدة زمنية استراتجرافية.

time-stratigraphic unit

وحدة زمنية استراتجرافية

مصطلح يطلق على الوحدات الصخرية التي لها حدود محددة بزمان جيولوجي، طبقات ترسبت خلال أجزاء من الزمن الجيولوجي، مثال ذلك التجمعات *crathem*، والنظم *systems*، والأنماط *series*، والطوابق *stages*.

tombolo

تومبولو

شريط من الأرض ترسب ليصل جزيرة صغيرة بالبحر، أو بجزيرة أخرى.

topography

طوبوغرافية

الملاح الفيزيائية الموجودة على سطح الأرض وتوزيعها وأشكالها.

transform faults

صدوع محوطة

الصدوع التي يتمزق بها أحد الألواح التكتونية على امتداد الآخر.

transportation

نقل

العملية التي تحمل فيها المواد الصخرية وتنقل من مكان لآخر.

trap-rock

صخور مصيدة

مصطلح عام يطلق على أنواع معينة من الصخور النارية الذكباء مثل الدياباز والبالزت. ويسمى مثل هذا النوع من الصخور مصيدة.

travertine

ترافرتين

ضرب من كربونات الكالسيوم CaCO_3 يترسب من المياه الأرضية أو السطحية. وتتكون بمض التكاوين التي تحت أرضية مثل الاستلاكتيت والاستلاجميت من الترافرتين، وتوجد مثل هذه الرواسب أيضا حول مخارج بعض الينابيع المائية، ويعرف الترافرتين أيضا باسم الطوفا *tufa*.

trenches

خنادق

مخالف عميقة في أرضية المحيط شكلها مثل حرف V. حيث يفوس أحد الألواح التكتونية تحت لوح آخر.

Triassic

ترياسي

أقدم أدوار حقبة الحياة المتوسطة، وهو يأتي بعد الدور البرمي، آخر أدوار حقبة الحياة القديمة ويسبق الدور الجوراسي في حقبة الحياة المتوسطة.

trichlinic

ثلاثي الميل

أحد النظم البلورية الستة.

trigonal

ثلاثي الزوايا

جسم له ثلاث زوايا.

trilobite

ترايلوبيت (ثلاثي الفصوص)

من المفصليات البحرية المنقرضة، وله جسم مفطح مكون من أجزاء (فصوص) ينطويه هيكل خارجي ظهري صلب وينقسم الجسم إلى ثلاثة فصوص طولاً وعرضاً.

trivial name

اسم صغير

الاسم اللاتيني الذي يضاف إلى اسم الجنس للتمييز بين الأنواع ؛ ويمرّف أيضاً بالاسم النوعي **specific name**.

tsunami

تسونامي

موجة بحرية سيزمية عملاقة تنشأ من زلزال تحت بحري أو أية اضطرابات على أرضية البحر، وتسمى أيضاً موجة المد.

tidal wave

tufa

توفا (طوفا)

رواسب جيرية معدنية تتجمع حول الينابيع، وتسمى التوفا الجيرية أحياناً باسم الترافرنتين.

turbidity currents

تيارات تكبير

تيارات قوية تنتج من انزلاق الطين إلى أسفل المنحدرات القارية في المحيط.

twin crystal

بلورة توأم

بلورتان أو أكثر تنموان معا بطريقة متداخلة.

type locality

منطقة طرازية

الموقع الجغرافي الذي وصف منه التكوين لأول مرة، أو الذي أتت منه العينة الطرازية لنوع حفري ما، ويستمد التكوين اسمه من الاسم الجغرافي لهذا الموقع.

- U -

unconformity

لا توافق

انقطاع في الترسيب نتيجة لعمليات التآكل ؛ أي مكان في القشرة الأرضية حدثت فيه عمليات تحلل للأساس الصخري وترسبت فوقه صخور رسوبية أحدث. ومن أنواع اللاتوافق:

regular unconformity

لا توافق زاوي

نوع من أنواع عدم التوافق حيث حدث تحريف للطبقات الموجودة تحت طبقات عدم التوافق وذلك قبل ترسيب الطبقات التي تملؤها.

disconformity

لا توافق تحالفي

نوع من عدم التوافق تكون فيه الطبقات فوق وتحت سطح عدم التوافق متوازية.

nonconformity

لا توافق فوق متجانس

نوع من عدم التوافق يتكون من ترسيب صخور رسوبية فوق صخور من أصل ناري.

paraconformity

شبه توافق

نوع من عدم التوافق يتميز بأن سطح التماس بين الطبقات المتوازية يكون مستويا.

underground water

مياه تحت أرضية

انظر: مياه أرضية ground water.

unicellular

وحيد الخلية

كائن حي يتكون من خلية واحدة

uniformitarianism

الاطرادية (نظرية التوتيرة الواحدة)

المبدأ القائل بأن الحاضر هو مفتاح الماضي، وينسب ذلك بأن أفضل طريقة لاستنتاج الماضي الجيولوجي هي تشم الحاضر الجيولوجي.

unstratified rocks

صخور غير متطبقة

صخور ليست متطبقة وليست على هيئة سطائح.

- V -

valley

وادي

منخفض مستطيل في سطح الأرض يجرى فيه نهر في المدة.

valley, glacier

وادي مثلجي

انظر: مثلجة البية Alpine glacier.

valley, train

وادی متسلسل

سهل فيضاني ذو انحدار لطيف يتكون من رواسب توضع
من المياه التي تتسبب من عند قدم الوادي المتلجج.

valve

مصراع

جزء أو أكثر من الأجزاء التي تكوّن صدفه الحيوان.

variety

ضرب

في علم المعادن: مرتبة في عالم المعادن تحت رتبة النوع.

varves

حوليات

أزواج من سطوح الرسوبيات ((حداها غليظة التخبب
والأخرى دقيقة التخبب)، وتترسب الحولية في بحيرة
متجمدة في سنة واحدة.

vascular

وعائي

اصطلاح يختص بالأنابيب أو الأوعية التي تسرى فيها
الموائع في أوعية النبات أو الحيوان.

vein

عرق

وجود خلم معدني على هيئة فريش تقريبا ذي سمك
قليل، لكنه يمتد طولا وعمقا .

vent

قصبية

النفوة الرأسية أو الأنبوب الذي ترتفع فيه الصهارة في
مركز البركان.

ventifacts

وجهرحيات

أحجار صقلت وأصبحت ناعمة وتغيرت أشكالها نتيجة
لمعالجة يرى بالرياح.

ventral

بطني

ما يختص بالبطن **abdomen** ويقابل هذا المصطلح
مصطلح ظهري **dorsal** الذي يضمن الظهر **back**.

vertebrate

فقاري

حيوان له عمود فقري (شوكي).

vesicular rock

صخر فقاعي

صخر يتميز بوجود فراغات عديدة صغيرة تنشأ نتيجة
لتمدد الغازات.

vestigial structure

بنية لاوظيفية

بنية تقلص حجمها وأصبحت بلا وظيفة لها خلال التطور.

vitreous

زجاجي

صفة لما ينسب إلى الزجاج.

volcanic ash

رماد بركاني

الجسيمات الصخرية الدقيقة التي تنتشر خلال ثوران
البركان.

volcanic block

كتلة بركانية

كسرة صخرية صلبة حادة الزوايا تقذف من البركان خلال
ثورانه.

volcanic bomb

قنبلة بركانية

كتلة من الصهارة التي بردت ولها شكل يشبه المموج تقذف
أثناء ثوران البركان.

volcanic glass

زجاج بركاني

صخر عديم التبلور تكون نتيجة التبريد السريع لل magma.

volcanic neck

عنق بركاني

مواد صخرية متصلة تكونت عن برودة الصهير وتصلبه في
القنبة المركزية للبركان.

volcanic shield

درع بركاني

انظر: بركان درعي shield volcano.

volcanism

بركانية

التأثيرات التي تحدثها الصخور المنصهرة والبراكين أو
النشاط البركاني.

volcano

بركان

فتحة في مغور القشرة الأرضية تخرج منها المواد
البركانية، كذلك يطلق هذا الاسم على شكل الأرض المتكون
نتيجة لتراكم المواد البركانية حول قنبة البركان.

volcanoes, andesitic

براكين أنديزيتية

براكين متفجرة توجد على الجوانب القارية للضائق
trenches بصفة أساسية، وتتكون من الماء والمواد
المنطلقة التي تنفجر من البراكين نتيجة للتغيرات التي
تتمريها عند الأطراف الهابطة من القشرة المحيطية.

volcanoes, basaltic

براكين بازلتية

براكين هائلة توجد بصفة أساسية على امتداد حيد وسط
المحيط عند أماكن تيارات الحمل المساعدة في الوشاح
الصخري.

vulcanism

بركانية

انظر: بركانية volcanism.

water gap

فجوة مائية

وادي أو ممر في حيد جبلي ينساب فيه نهر.

water table

منسوب الماء

السطح الذي تكون فيه فراغات الصخور الموجودة أسفله مشبعة بالماء.

weathering

تجوية

التكسير والتفكك الفيزيقي والكيميائي للصخور تحت الظروف الجوية العادية.

whorl

لفة

دورة واحدة في الصدفة الملقوفة.

wind gap

فجوة ريحية

فجوة مائية مجرها النهر الذي كان يجري فيها

- Z -

zoic-

زُوي

لاحقة معناها حياة (من أصل إغريقي *Zoe* = life).

zone

نطاق

جزء من التكوين *formation*. يتميز بخصائص خاصة.

zooecium

مسكن

أنبوب أو حجرة يشغلها فرد من مستعمرة الحزازيات *bryozoans*.

المصطلحات الجيولوجيا (باللغة العربية)

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
	(١)	
١٨٠ ، ١٧٩	artesian wells	آبار ارتوازية
٣٣٥	atoll	أتول
١٣٦ ، ١٧٥ ، ٧١ ، ٥٠ ، ٤٩	monocline	أحادي الميل
٢٠٦	einkanter	أحادي الوجه
٢٠١	crag-and-tail	أحدور وذيل
٣٠٤ ، ٣٠٣ ، ١٨٦	replacement	إحلال
١٣٧ ، ١٤٣ ، ١٤٤ ، ١٨١ ، ١٨٢ ، ٢٠٤ ، ٢٢١ ، ٢٢٢ ، ٢٢٣ ، ٢٢٤	sinks - basins	أحواض
٢٥٨ ، ٢٥٧ ، ٢٤٢ ، ٢٤٠	trenches	أخاديد عميقة (خنادق)
٢٢٦ ، ٢٢٥ ، ٢٢٠ ، ٢١٩ ، ٢٢٢	aragonite	أراجونيت
٧١ ، ٧٠	néve	أراضي الثلج
١٨٩	orthoclase	أرنوكليز
٤٩ ، ٥٠ ، ٦١ ، ٦٢ ، ٦٣ ، ٦٤ ، ٦٥ ، ٦٦ ، ٦٧ ، ٦٨	argensite	أرجنتيت
٧٨	slate	أردواز
١٢٦ ، ١٢٧ ، ١٢٨ ، ١٢٩ ، ١٣٠ ، ١٣١ ، ١٣٢ ، ١٣٣ ، ١٣٤ ، ١٣٥	ordovician	أردوفيشي
٢ ، ١ ، ١٨١ ، ١٨٢ ، ١٣٣ ، ١٣٤ ، ١٣٥ ، ١٣٦ ، ١٣٧ ، ١٣٨ ، ١٣٩ ، ١٤٠ ، ١٤١ ، ١٤٢ ، ١٤٣ ، ١٤٤ ، ١٤٥ ، ١٤٦ ، ١٤٧ ، ١٤٨ ، ١٤٩ ، ١٥٠ ، ١٥١ ، ١٥٢ ، ١٥٣ ، ١٥٤ ، ١٥٥ ، ١٥٦ ، ١٥٧ ، ١٥٨ ، ١٥٩ ، ١٦٠ ، ١٦١ ، ١٦٢ ، ١٦٣ ، ١٦٤ ، ١٦٥ ، ١٦٦ ، ١٦٧ ، ١٦٨ ، ١٦٩ ، ١٧٠ ، ١٧١ ، ١٧٢ ، ١٧٣ ، ١٧٤ ، ١٧٥ ، ١٧٦ ، ١٧٧ ، ١٧٨ ، ١٧٩ ، ١٨٠ ، ١٨١ ، ١٨٢ ، ١٨٣ ، ١٨٤ ، ١٨٥ ، ١٨٦ ، ١٨٧ ، ١٨٨ ، ١٨٩ ، ١٩٠ ، ١٩١ ، ١٩٢ ، ١٩٣ ، ١٩٤ ، ١٩٥ ، ١٩٦ ، ١٩٧ ، ١٩٨ ، ١٩٩ ، ٢٠٠ ، ٢٠١ ، ٢٠٢ ، ٢٠٣ ، ٢٠٤ ، ٢٠٥ ، ٢٠٦ ، ٢٠٧ ، ٢٠٨ ، ٢٠٩ ، ٢١٠ ، ٢١١ ، ٢١٢ ، ٢١٣ ، ٢١٤ ، ٢١٥ ، ٢١٦ ، ٢١٧ ، ٢١٨ ، ٢١٩ ، ٢٢٠ ، ٢٢١ ، ٢٢٢ ، ٢٢٣ ، ٢٢٤ ، ٢٢٥ ، ٢٢٦ ، ٢٢٧ ، ٢٢٨ ، ٢٢٩ ، ٢٣٠ ، ٢٣١ ، ٢٣٢ ، ٢٣٣ ، ٢٣٤ ، ٢٣٥ ، ٢٣٦ ، ٢٣٧ ، ٢٣٨ ، ٢٣٩ ، ٢٤٠ ، ٢٤١ ، ٢٤٢ ، ٢٤٣ ، ٢٤٤ ، ٢٤٥ ، ٢٤٦ ، ٢٤٧ ، ٢٤٨ ، ٢٤٩ ، ٢٥٠ ، ٢٥١ ، ٢٥٢ ، ٢٥٣ ، ٢٥٤ ، ٢٥٥ ، ٢٥٦ ، ٢٥٧ ، ٢٥٨ ، ٢٥٩ ، ٢٦٠ ، ٢٦١ ، ٢٦٢ ، ٢٦٣ ، ٢٦٤ ، ٢٦٥ ، ٢٦٦ ، ٢٦٧ ، ٢٦٨ ، ٢٦٩ ، ٢٧٠ ، ٢٧١ ، ٢٧٢ ، ٢٧٣ ، ٢٧٤ ، ٢٧٥ ، ٢٧٦ ، ٢٧٧ ، ٢٧٨ ، ٢٧٩ ، ٢٨٠ ، ٢٨١ ، ٢٨٢ ، ٢٨٣ ، ٢٨٤ ، ٢٨٥ ، ٢٨٦ ، ٢٨٧ ، ٢٨٨ ، ٢٨٩ ، ٢٩٠ ، ٢٩١ ، ٢٩٢ ، ٢٩٣ ، ٢٩٤ ، ٢٩٥ ، ٢٩٦ ، ٢٩٧ ، ٢٩٨ ، ٢٩٩ ، ٣٠٠ ، ٣٠١ ، ٣٠٢ ، ٣٠٣ ، ٣٠٤ ، ٣٠٥ ، ٣٠٦ ، ٣٠٧ ، ٣٠٨ ، ٣٠٩ ، ٣١٠ ، ٣١١ ، ٣١٢ ، ٣١٣ ، ٣١٤ ، ٣١٥ ، ٣١٦ ، ٣١٧ ، ٣١٨ ، ٣١٩ ، ٣٢٠ ، ٣٢١ ، ٣٢٢ ، ٣٢٣ ، ٣٢٤ ، ٣٢٥ ، ٣٢٦ ، ٣٢٧ ، ٣٢٨ ، ٣٢٩ ، ٣٣٠ ، ٣٣١ ، ٣٣٢ ، ٣٣٣ ، ٣٣٤ ، ٣٣٥ ، ٣٣٦ ، ٣٣٧ ، ٣٣٨ ، ٣٣٩ ، ٣٤٠ ، ٣٤١ ، ٣٤٢ ، ٣٤٣ ، ٣٤٤ ، ٣٤٥ ، ٣٤٦ ، ٣٤٧ ، ٣٤٨ ، ٣٤٩ ، ٣٥٠ ، ٣٥١ ، ٣٥٢ ، ٣٥٣ ، ٣٥٤ ، ٣٥٥ ، ٣٥٦ ، ٣٥٧ ، ٣٥٨ ، ٣٥٩ ، ٣٦٠ ، ٣٦١ ، ٣٦٢ ، ٣٦٣ ، ٣٦٤ ، ٣٦٥ ، ٣٦٦ ، ٣٦٧ ، ٣٦٨ ، ٣٦٩ ، ٣٧٠ ، ٣٧١ ، ٣٧٢ ، ٣٧٣ ، ٣٧٤ ، ٣٧٥ ، ٣٧٦ ، ٣٧٧ ، ٣٧٨ ، ٣٧٩ ، ٣٨٠ ، ٣٨١ ، ٣٨٢ ، ٣٨٣ ، ٣٨٤ ، ٣٨٥ ، ٣٨٦ ، ٣٨٧ ، ٣٨٨ ، ٣٨٩ ، ٣٩٠ ، ٣٩١ ، ٣٩٢ ، ٣٩٣ ، ٣٩٤ ، ٣٩٥ ، ٣٩٦ ، ٣٩٧ ، ٣٩٨ ، ٣٩٩ ، ٤٠٠ ، ٤٠١ ، ٤٠٢ ، ٤٠٣ ، ٤٠٤ ، ٤٠٥ ، ٤٠٦ ، ٤٠٧ ، ٤٠٨ ، ٤٠٩ ، ٤١٠ ، ٤١١ ، ٤١٢ ، ٤١٣ ، ٤١٤ ، ٤١٥ ، ٤١٦ ، ٤١٧ ، ٤١٨ ، ٤١٩ ، ٤٢٠ ، ٤٢١ ، ٤٢٢ ، ٤٢٣ ، ٤٢٤ ، ٤٢٥ ، ٤٢٦ ، ٤٢٧ ، ٤٢٨ ، ٤٢٩ ، ٤٣٠ ، ٤٣١ ، ٤٣٢ ، ٤٣٣ ، ٤٣٤ ، ٤٣٥ ، ٤٣٦ ، ٤٣٧ ، ٤٣٨ ، ٤٣٩ ، ٤٤٠ ، ٤٤١ ، ٤٤٢ ، ٤٤٣ ، ٤٤٤ ، ٤٤٥ ، ٤٤٦ ، ٤٤٧ ، ٤٤٨ ، ٤٤٩ ، ٤٥٠ ، ٤٥١ ، ٤٥٢ ، ٤٥٣ ، ٤٥٤ ، ٤٥٥ ، ٤٥٦ ، ٤٥٧ ، ٤٥٨ ، ٤٥٩ ، ٤٦٠ ، ٤٦١ ، ٤٦٢ ، ٤٦٣ ، ٤٦٤ ، ٤٦٥ ، ٤٦٦ ، ٤٦٧ ، ٤٦٨ ، ٤٦٩ ، ٤٧٠ ، ٤٧١ ، ٤٧٢ ، ٤٧٣ ، ٤٧٤ ، ٤٧٥ ، ٤٧٦ ، ٤٧٧ ، ٤٧٨ ، ٤٧٩ ، ٤٨٠ ، ٤٨١ ، ٤٨٢ ، ٤٨٣ ، ٤٨٤ ، ٤٨٥ ، ٤٨٦ ، ٤٨٧ ، ٤٨٨ ، ٤٨٩ ، ٤٩٠ ، ٤٩١ ، ٤٩٢ ، ٤٩٣ ، ٤٩٤ ، ٤٩٥ ، ٤٩٦ ، ٤٩٧ ، ٤٩٨ ، ٤٩٩ ، ٥٠٠ ، ٥٠١ ، ٥٠٢ ، ٥٠٣ ، ٥٠٤ ، ٥٠٥ ، ٥٠٦ ، ٥٠٧ ، ٥٠٨ ، ٥٠٩ ، ٥١٠ ، ٥١١ ، ٥١٢ ، ٥١٣ ، ٥١٤ ، ٥١٥ ، ٥١٦ ، ٥١٧ ، ٥١٨ ، ٥١٩ ، ٥٢٠ ، ٥٢١ ، ٥٢٢ ، ٥٢٣ ، ٥٢٤ ، ٥٢٥ ، ٥٢٦ ، ٥٢٧ ، ٥٢٨ ، ٥٢٩ ، ٥٣٠ ، ٥٣١ ، ٥٣٢ ، ٥٣٣ ، ٥٣٤ ، ٥٣٥ ، ٥٣٦ ، ٥٣٧ ، ٥٣٨ ، ٥٣٩ ، ٥٤٠ ، ٥٤١ ، ٥٤٢ ، ٥٤٣ ، ٥٤٤ ، ٥٤٥ ، ٥٤٦ ، ٥٤٧ ، ٥٤٨ ، ٥٤٩ ، ٥٥٠ ، ٥٥١ ، ٥٥٢ ، ٥٥٣ ، ٥٥٤ ، ٥٥٥ ، ٥٥٦ ، ٥٥٧ ، ٥٥٨ ، ٥٥٩ ، ٥٦٠ ، ٥٦١ ، ٥٦٢ ، ٥٦٣ ، ٥٦٤ ، ٥٦٥ ، ٥٦٦ ، ٥٦٧ ، ٥٦٨ ، ٥٦٩ ، ٥٧٠ ، ٥٧١ ، ٥٧٢ ، ٥٧٣ ، ٥٧٤ ، ٥٧٥ ، ٥٧٦ ، ٥٧٧ ، ٥٧٨ ، ٥٧٩ ، ٥٨٠ ، ٥٨١ ، ٥٨٢ ، ٥٨٣ ، ٥٨٤ ، ٥٨٥ ، ٥٨٦ ، ٥٨٧ ، ٥٨٨ ، ٥٨٩ ، ٥٩٠ ، ٥٩١ ، ٥٩٢ ، ٥٩٣ ، ٥٩٤ ، ٥٩٥ ، ٥٩٦ ، ٥٩٧ ، ٥٩٨ ، ٥٩٩ ، ٦٠٠ ، ٦٠١ ، ٦٠٢ ، ٦٠٣ ، ٦٠٤ ، ٦٠٥ ، ٦٠٦ ، ٦٠٧ ، ٦٠٨ ، ٦٠٩ ، ٦١٠ ، ٦١١ ، ٦١٢ ، ٦١٣ ، ٦١٤ ، ٦١٥ ، ٦١٦ ، ٦١٧ ، ٦١٨ ، ٦١٩ ، ٦٢٠ ، ٦٢١ ، ٦٢٢ ، ٦٢٣ ، ٦٢٤ ، ٦٢٥ ، ٦٢٦ ، ٦٢٧ ، ٦٢٨ ، ٦٢٩ ، ٦٣٠ ، ٦٣١ ، ٦٣٢ ، ٦٣٣ ، ٦٣٤ ، ٦٣٥ ، ٦٣٦ ، ٦٣٧ ، ٦٣٨ ، ٦٣٩ ، ٦٤٠ ، ٦٤١ ، ٦٤٢ ، ٦٤٣ ، ٦٤٤ ، ٦٤٥ ، ٦٤٦ ، ٦٤٧ ، ٦٤٨ ، ٦٤٩ ، ٦٥٠ ، ٦٥١ ، ٦٥٢ ، ٦٥٣ ، ٦٥٤ ، ٦٥٥ ، ٦٥٦ ، ٦٥٧ ، ٦٥٨ ، ٦٥٩ ، ٦٦٠ ، ٦٦١ ، ٦٦٢ ، ٦٦٣ ، ٦٦٤ ، ٦٦٥ ، ٦٦٦ ، ٦٦٧ ، ٦٦٨ ، ٦٦٩ ، ٦٧٠ ، ٦٧١ ، ٦٧٢ ، ٦٧٣ ، ٦٧٤ ، ٦٧٥ ، ٦٧٦ ، ٦٧٧ ، ٦٧٨ ، ٦٧٩ ، ٦٨٠ ، ٦٨١ ، ٦٨٢ ، ٦٨٣ ، ٦٨٤ ، ٦٨٥ ، ٦٨٦ ، ٦٨٧ ، ٦٨٨ ، ٦٨٩ ، ٦٩٠ ، ٦٩١ ، ٦٩٢ ، ٦٩٣ ، ٦٩٤ ، ٦٩٥ ، ٦٩٦ ، ٦٩٧ ، ٦٩٨ ، ٦٩٩ ، ٧٠٠ ، ٧٠١ ، ٧٠٢ ، ٧٠٣ ، ٧٠٤ ، ٧٠٥ ، ٧٠٦ ، ٧٠٧ ، ٧٠٨ ، ٧٠٩ ، ٧١٠ ، ٧١١ ، ٧١٢ ، ٧١٣ ، ٧١٤ ، ٧١٥ ، ٧١٦ ، ٧١٧ ، ٧١٨ ، ٧١٩ ، ٧٢٠ ، ٧٢١ ، ٧٢٢ ، ٧٢٣ ، ٧٢٤ ، ٧٢٥ ، ٧٢٦ ، ٧٢٧ ، ٧٢٨ ، ٧٢٩ ، ٧٣٠ ، ٧٣١ ، ٧٣٢ ، ٧٣٣ ، ٧٣٤ ، ٧٣٥ ، ٧٣٦ ، ٧٣٧ ، ٧٣٨ ، ٧٣٩ ، ٧٤٠ ، ٧٤١ ، ٧٤٢ ، ٧٤٣ ، ٧٤٤ ، ٧٤٥ ، ٧٤٦ ، ٧٤٧ ، ٧٤٨ ، ٧٤٩ ، ٧٥٠ ، ٧٥١ ، ٧٥٢ ، ٧٥٣ ، ٧٥٤ ، ٧٥٥ ، ٧٥٦ ، ٧٥٧ ، ٧٥٨ ، ٧٥٩ ، ٧٦٠ ، ٧٦١ ، ٧٦٢ ، ٧٦٣ ، ٧٦٤ ، ٧٦٥ ، ٧٦٦ ، ٧٦٧ ، ٧٦٨ ، ٧٦٩ ، ٧٧٠ ، ٧٧١ ، ٧٧٢ ، ٧٧٣ ، ٧٧٤ ، ٧٧٥ ، ٧٧٦ ، ٧٧٧ ، ٧٧٨ ، ٧٧٩ ، ٧٨٠ ، ٧٨١ ، ٧٨٢ ، ٧٨٣ ، ٧٨٤ ، ٧٨٥ ، ٧٨٦ ، ٧٨٧ ، ٧٨٨ ، ٧٨٩ ، ٧٩٠ ، ٧٩١ ، ٧٩٢ ، ٧٩٣ ، ٧٩٤ ، ٧٩٥ ، ٧٩٦ ، ٧٩٧ ، ٧٩٨ ، ٧٩٩ ، ٨٠٠ ، ٨٠١ ، ٨٠٢ ، ٨٠٣ ، ٨٠٤ ، ٨٠٥ ، ٨٠٦ ، ٨٠٧ ، ٨٠٨ ، ٨٠٩ ، ٨١٠ ، ٨١١ ، ٨١٢ ، ٨١٣ ، ٨١٤ ، ٨١٥ ، ٨١٦ ، ٨١٧ ، ٨١٨ ، ٨١٩ ، ٨٢٠ ، ٨٢١ ، ٨٢٢ ، ٨٢٣ ، ٨٢٤ ، ٨٢٥ ، ٨٢٦ ، ٨٢٧ ، ٨٢٨ ، ٨٢٩ ، ٨٣٠ ، ٨٣١ ، ٨٣٢ ، ٨٣٣ ، ٨٣٤ ، ٨٣٥ ، ٨٣٦ ، ٨٣٧ ، ٨٣٨ ، ٨٣٩ ، ٨٤٠ ، ٨٤١ ، ٨٤٢ ، ٨٤٣ ، ٨٤٤ ، ٨٤٥ ، ٨٤٦ ، ٨٤٧ ، ٨٤٨ ، ٨٤٩ ، ٨٥٠ ، ٨٥١ ، ٨٥٢ ، ٨٥٣ ، ٨٥٤ ، ٨٥٥ ، ٨٥٦ ، ٨٥٧ ، ٨٥٨ ، ٨٥٩ ، ٨٦٠ ، ٨٦١ ، ٨٦٢ ، ٨٦٣ ، ٨٦٤ ، ٨٦٥ ، ٨٦٦ ، ٨٦٧ ، ٨٦٨ ، ٨٦٩ ، ٨٧٠ ، ٨٧١ ، ٨٧٢ ، ٨٧٣ ، ٨٧٤ ، ٨٧٥ ، ٨٧٦ ، ٨٧٧ ، ٨٧٨ ، ٨٧٩ ، ٨٨٠ ، ٨٨١ ، ٨٨٢ ، ٨٨٣ ، ٨٨٤ ، ٨٨٥ ، ٨٨٦ ، ٨٨٧ ، ٨٨٨ ، ٨٨٩ ، ٨٩٠ ، ٨٩١ ، ٨٩٢ ، ٨٩٣ ، ٨٩٤ ، ٨٩٥ ، ٨٩٦ ، ٨٩٧ ، ٨٩٨ ، ٨٩٩ ، ٩٠٠ ، ٩٠١ ، ٩٠٢ ، ٩٠٣ ، ٩٠٤ ، ٩٠٥ ، ٩٠٦ ، ٩٠٧ ، ٩٠٨ ، ٩٠٩ ، ٩١٠ ، ٩١١ ، ٩١٢ ، ٩١٣ ، ٩١٤ ، ٩١٥ ، ٩١٦ ، ٩١٧ ، ٩١٨ ، ٩١٩ ، ٩٢٠ ، ٩٢١ ، ٩٢٢ ، ٩٢٣ ، ٩٢٤ ، ٩٢٥ ، ٩٢٦ ، ٩٢٧ ، ٩٢٨ ، ٩٢٩ ، ٩٣٠ ، ٩٣١ ، ٩٣٢ ، ٩٣٣ ، ٩٣٤ ، ٩٣٥ ، ٩٣٦ ، ٩٣٧ ، ٩٣٨ ، ٩٣٩ ، ٩٤٠ ، ٩٤١ ، ٩٤٢ ، ٩٤٣ ، ٩٤٤ ، ٩٤٥ ، ٩٤٦ ، ٩٤٧ ، ٩٤٨ ، ٩٤٩ ، ٩٥٠ ، ٩٥١ ، ٩٥٢ ، ٩٥٣ ، ٩٥٤ ، ٩٥٥ ، ٩٥٦ ، ٩٥٧ ، ٩٥٨ ، ٩٥٩ ، ٩٦٠ ، ٩٦١ ، ٩٦٢ ، ٩٦٣ ، ٩٦٤ ، ٩٦٥ ، ٩٦٦ ، ٩٦٧ ، ٩٦٨ ، ٩٦٩ ، ٩٧٠ ، ٩٧١ ، ٩٧٢ ، ٩٧٣ ، ٩٧٤ ، ٩٧٥ ، ٩٧٦ ، ٩٧٧ ، ٩٧٨ ، ٩٧٩ ، ٩٨٠ ، ٩٨١ ، ٩٨٢ ، ٩٨٣ ، ٩٨٤ ، ٩٨٥ ، ٩٨٦ ، ٩٨٧ ، ٩٨٨ ، ٩٨٩ ، ٩٩٠ ، ٩٩١ ، ٩٩٢ ، ٩٩٣ ، ٩٩٤ ، ٩٩٥ ، ٩٩٦ ، ٩٩٧ ، ٩٩٨ ، ٩٩٩ ، ١٠٠٠ ، ١٠٠١ ، ١٠٠٢ ، ١٠٠٣ ، ١٠٠٤ ، ١٠٠٥ ، ١٠٠٦ ، ١٠٠٧ ، ١٠٠٨ ، ١٠٠٩ ، ١٠١٠ ، ١٠١١ ، ١٠١٢ ، ١٠١٣ ، ١٠١٤ ، ١٠١٥ ، ١٠١٦ ، ١٠١٧ ، ١٠١٨ ، ١٠١٩ ، ١٠٢٠ ، ١٠٢١ ، ١٠٢٢ ، ١٠٢٣ ، ١٠٢٤ ، ١٠٢٥ ، ١٠٢٦ ، ١٠٢٧ ، ١٠٢٨ ، ١٠٢٩ ، ١٠٣٠ ، ١٠٣١ ، ١٠٣٢ ، ١٠٣٣ ، ١٠٣٤ ، ١٠٣٥ ، ١٠٣٦ ، ١٠٣٧ ، ١٠٣٨ ، ١٠٣٩ ، ١٠٤٠ ، ١٠٤١ ، ١٠٤٢ ، ١٠٤٣ ، ١٠٤٤ ، ١٠٤٥ ، ١٠٤٦ ، ١٠٤٧ ، ١٠٤٨ ، ١٠٤٩ ، ١٠٥٠ ، ١٠٥١ ، ١٠٥٢ ، ١٠٥٣ ، ١٠٥٤ ، ١٠٥٥ ، ١٠٥٦ ، ١٠٥٧ ، ١٠٥٨ ، ١٠٥٩ ، ١٠٦٠ ، ١٠٦١ ، ١٠٦٢ ، ١٠٦٣ ، ١٠٦٤ ، ١٠٦٥ ، ١٠٦٦ ، ١٠٦٧ ، ١٠٦٨ ، ١٠٦٩ ، ١٠٧٠ ، ١٠٧١ ، ١٠٧٢ ، ١٠٧٣ ، ١٠٧٤ ، ١٠٧٥ ، ١٠٧٦ ، ١٠٧٧ ، ١٠٧٨ ، ١٠٧٩ ، ١٠٨٠ ، ١٠٨١ ، ١٠٨٢ ، ١٠٨٣ ، ١٠٨٤ ، ١٠٨٥ ، ١٠٨٦ ، ١٠٨٧ ، ١٠٨٨ ، ١٠٨٩ ، ١٠٩٠ ، ١٠٩١ ، ١٠٩٢ ، ١٠٩٣ ، ١٠٩٤ ، ١٠٩٥ ، ١٠٩٦ ، ١٠٩٧ ، ١٠٩٨ ، ١٠٩٩ ، ١١٠٠ ، ١١٠١ ، ١١٠٢ ، ١١٠٣ ، ١١٠٤ ، ١١٠٥ ، ١١٠٦ ، ١١٠٧ ، ١١٠٨ ، ١١٠٩ ، ١١١٠ ، ١١١١ ، ١١١٢ ، ١١١٣ ، ١١١٤ ، ١١١٥ ، ١١١٦ ، ١١١٧ ، ١١١٨ ، ١١١٩ ، ١١٢٠ ، ١١٢١ ، ١١٢٢ ، ١١٢٣ ، ١١٢٤ ، ١١٢٥ ، ١١٢٦ ، ١١٢٧ ، ١١٢٨ ، ١١٢٩ ، ١١٣٠ ، ١١٣١ ، ١١٣٢ ، ١١٣٣ ، ١١٣٤ ، ١١٣٥ ، ١١٣٦ ، ١١٣٧ ، ١١٣٨ ، ١١٣٩ ، ١١٤٠ ، ١١٤١ ، ١١٤٢ ، ١١٤٣ ، ١١٤٤ ، ١١٤٥ ، ١١٤٦ ، ١١٤٧ ، ١١٤٨ ، ١١٤٩ ، ١١٥٠ ، ١١٥١ ، ١١٥٢ ، ١١٥٣ ، ١١٥٤ ، ١١٥٥ ، ١١٥٦ ، ١١٥٧ ، ١١٥٨ ، ١١٥٩ ، ١١٦٠ ، ١١٦١ ، ١١٦٢ ، ١١٦٣ ، ١١٦٤ ، ١١٦٥ ، ١١٦٦ ، ١١٦٧ ، ١١٦٨ ، ١١٦٩ ، ١١٧٠ ، ١١٧١ ، ١١٧٢ ، ١١٧٣ ، ١١٧٤ ، ١١٧٥ ، ١١٧٦ ، ١١٧٧ ، ١١٧٨ ، ١١٧٩ ، ١١٨٠ ، ١١٨١ ، ١١٨٢ ، ١١٨٣ ، ١١٨٤ ، ١١٨٥ ، ١١٨٦ ، ١١٨٧ ، ١١٨٨ ، ١١٨٩ ، ١١٩٠ ، ١١٩١ ، ١١٩٢ ، ١١٩٣ ، ١١٩٤ ، ١١٩٥ ، ١١٩٦ ، ١١٩٧ ، ١١٩٨ ، ١١٩٩ ، ١٢٠٠ ، ١٢٠١ ، ١٢٠٢ ، ١٢٠٣ ، ١٢٠٤ ، ١٢٠٥ ، ١٢٠٦ ، ١٢٠٧ ، ١٢٠٨ ، ١٢٠٩ ، ١٢١٠ ، ١٢١١ ، ١٢١٢ ، ١٢١٣ ، ١٢١٤ ، ١٢١٥ ، ١٢١٦ ، ١٢١٧ ، ١٢١٨ ، ١٢١٩ ، ١٢٢٠ ، ١٢٢١ ، ١٢٢٢ ، ١٢٢٣ ، ١٢٢٤ ، ١٢٢٥ ، ١٢٢٦ ، ١٢٢٧ ، ١٢٢٨ ، ١٢٢٩ ، ١٢٣٠ ، ١٢٣١ ، ١٢٣٢ ، ١٢٣٣ ، ١٢٣٤ ، ١٢٣٥ ، ١٢٣٦ ، ١٢٣٧ ، ١٢٣٨ ، ١٢٣٩ ، ١٢٤٠ ، ١٢٤١ ، ١٢٤٢ ، ١٢٤٣ ، ١٢٤٤ ، ١٢٤٥ ، ١٢٤٦ ، ١٢٤٧ ، ١٢٤٨ ، ١٢٤٩ ، ١٢٥٠ ، ١٢٥١ ، ١٢٥٢ ، ١٢٥٣ ، ١٢٥٤ ، ١٢٥٥ ، ١٢٥٦ ، ١٢٥٧ ، ١٢٥٨ ، ١٢٥٩ ، ١٢٦٠ ، ١٢٦١ ، ١٢٦٢ ، ١٢٦٣ ، ١٢٦٤ ، ١٢٦٥ ، ١٢٦٦ ، ١٢٦٧ ، ١٢٦٨ ، ١٢٦٩ ، ١٢٧٠ ، ١٢٧١ ، ١٢٧٢ ، ١٢٧٣ ، ١٢٧٤ ، ١٢٧٥ ، ١٢٧٦ ، ١٢٧٧ ، ١٢٧٨ ، ١٢٧٩ ، ١٢٨٠ ، ١٢٨١ ، ١٢٨٢ ، ١٢٨٣ ، ١٢٨٤ ، ١٢٨٥ ، ١٢٨٦ ، ١٢٨٧ ، ١٢٨٨ ، ١٢٨٩ ، ١٢٩٠ ، ١٢٩١ ، ١٢٩٢ ، ١٢٩٣ ، ١٢٩٤ ، ١٢٩٥ ، ١٢٩٦ ، ١٢٩٧ ، ١٢٩٨ ، ١٢٩٩ ، ١٣٠٠ ، ١٣٠١ ، ١٣٠٢ ، ١٣٠٣ ، ١٣٠٤ ، ١٣٠٥ ، ١٣٠٦ ، ١٣٠٧ ، ١٣٠٨ ، ١٣٠٩ ، ١٣١٠ ، ١٣١١ ، ١٣١٢ ، ١٣١٣ ، ١٣١٤ ، ١٣١٥ ، ١٣١٦ ، ١٣١٧ ، ١٣١٨ ، ١٣١٩ ، ١٣٢٠ ، ١٣٢١ ، ١٣٢٢ ، ١٣٢٣ ، ١٣٢٤ ، ١٣٢٥ ، ١٣٢٦ ، ١٣٢٧ ، ١٣٢٨ ، ١٣٢٩ ، ١٣٣٠ ، ١٣٣١ ، ١٣٣٢ ، ١٣٣٣ ، ١٣٣٤ ، ١٣٣٥ ، ١٣٣٦ ، ١٣٣٧ ، ١٣٣٨ ، ١٣٣٩ ، ١٣٤٠ ، ١٣٤١ ، ١٣٤٢ ، ١٣٤٣ ، ١٣٤٤ ، ١٣٤٥ ، ١٣٤٦ ، ١٣٤٧ ، ١٣٤٨ ، ١٣٤٩ ، ١٣٥٠ ، ١٣٥١ ، ١٣٥٢ ، ١٣٥٣ ، ١٣٥٤ ، ١٣٥٥ ، ١٣٥٦ ، ١٣٥٧ ، ١٣٥٨ ، ١٣٥٩ ، ١٣٦٠ ، ١٣٦١ ، ١٣٦٢ ، ١٣٦٣ ، ١٣٦٤ ، ١٣٦٥ ، ١٣٦٦ ، ١٣٦٧ ، ١٣٦٨ ، ١٣٦٩ ، ١٣٧٠ ، ١٣٧١ ، ١٣٧٢ ، ١٣٧٣ ، ١٣٧٤ ، ١٣٧٥ ، ١٣٧٦ ، ١٣٧٧ ، ١٣٧٨ ، ١٣٧٩ ، ١٣٨٠ ، ١٣٨١ ، ١٣٨٢ ، ١٣٨٣ ، ١٣٨٤ ، ١٣٨٥ ، ١٣٨٦ ، ١٣٨٧ ، ١٣٨٨ ، ١٣٨٩ ، ١٣٩٠ ، ١٣٩١ ، ١٣٩٢ ، ١٣٩٣ ، ١٣٩٤ ، ١٣٩٥ ، ١٣٩٦ ، ١٣٩٧ ، ١٣٩٨ ، ١٣٩٩ ، ١٤٠٠ ، ١٤٠١ ، ١٤٠٢ ، ١٤٠٣ ، ١٤٠٤ ، ١٤٠٥ ، ١٤٠٦ ، ١٤٠٧ ، ١٤٠٨ ، ١٤٠٩ ، ١٤١٠ ، ١٤١١ ، ١٤١٢ ، ١٤١٣ ، ١٤١٤ ، ١٤١٥ ، ١٤١٦ ، ١٤١٧ ، ١٤١٨ ، ١٤١٩ ، ١٤٢٠ ، ١٤٢١ ، ١٤٢٢ ، ١٤٢٣ ، ١٤٢٤ ، ١٤٢٥ ، ١٤٢٦ ، ١٤٢٧ ، ١٤٢٨ ، ١٤٢٩ ، ١٤٣٠ ، ١٤٣١ ، ١٤٣٢ ، ١٤٣٣ ، ١٤٣٤ ، ١٤٣٥ ، ١٤٣٦ ، ١٤٣٧ ، ١٤٣٨ ، ١٤٣٩ ، ١٤٤٠ ، ١٤٤١ ، ١٤٤٢ ، ١٤٤٣ ، ١٤٤٤ ، ١٤٤٥ ، ١٤٤٦ ، ١٤٤٧ ، ١٤٤٨ ، ١٤٤٩ ، ١٤٥٠ ، ١٤٥١ ، ١٤٥٢ ، ١٤٥٣ ، ١٤٥٤ ، ١٤٥٥ ، ١٤٥٦ ، ١٤٥٧ ، ١٤٥٨ ، ١٤٥		

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
٣٣٧, ٣٩٦, ٣٩٧, ٣٩٨	Ichthyosaurs	إكتيسورات
١٤٧, ١٧٦	oxidation	أكسدة
٦٥, ١٧٢, ٤٩	albite	البيت
٣٧١, ٣٧٠, ٣٥٧, ٣٦٨, ٣٢٢, ٣٢٢, ٣٧٢, ٣٧٢, ٤٥٠	aluminium	الومنيوم
٦٩, ٦٨	amphiboles	أمفيولات
٣٣٠, ٣٦٩, ٣٦٨, ٣٦٧	ammonioidea	أمونيدات
٤٣٢, ٤١٩, ٤١٨	sea-floor spreading	انتشار أرضية البحر
٤٣٩, ٤١٨, ٤١٦, ٤١٥, ٤٥٢, ٤٥٢	continental drift	انجراف قاري
٣٧٢, ٤٥١, ٤٥٠, ٤٤٨, ٤٤٠, ٣٣٩, ٣٦٤, ٣٦٣, ٣٦٢	landslides	انزلاقات أرضية
٤١١, ٤٠٩	Peking man	إنسان بكين
٤١٢	Pittdown man	إنسان بيتدون
٤١١, ٤١٠	Java Ape-man	إنسان جاوة
٤٠٩	East Africa man	إنسان شرق أفريقيا
٤١٢, ٤١١	Neanderthal man	إنسان نياندرتال
٤١١	Heidelberg Man	إنسان هابلبرج
٣٥٨	Mohorovicic	انقطاع موهوروفيتش
	discontinuity	
١٦٦, ١٦٤, ١٧٣, ١٦٢, ١٦١, ١٦٠, ١٥٩, ١٥٨, ١٥٧, ١٥٩	streams (rivers)	أنهار
١٥٧, ١٥٥, ١٥٤, ١٥٣, ١٥٢, ١٥١, ١٥٠, ١٤٩, ١٤٨, ١٤٧		
١٥٣, ١٥٢, ١٥١, ١٥٠, ١٤٩, ١٤٨, ١٤٧, ١٤٦, ١٤٥, ١٤٤, ١٤٣, ١٤٢, ١٤١, ١٤٠, ١٣٩, ١٣٨, ١٣٧, ١٣٦, ١٣٥, ١٣٤, ١٣٣, ١٣٢, ١٣١, ١٣٠, ١٢٩, ١٢٨, ١٢٧, ١٢٦, ١٢٥, ١٢٤, ١٢٣, ١٢٢, ١٢١, ١٢٠, ١١٩, ١١٨, ١١٧, ١١٦, ١١٥, ١١٤, ١١٣, ١١٢, ١١١, ١١٠, ١٠٩, ١٠٨, ١٠٧, ١٠٦, ١٠٥, ١٠٤, ١٠٣, ١٠٢, ١٠١, ١٠٠, ٩٩, ٩٨, ٩٧, ٩٦, ٩٥, ٩٤, ٩٣, ٩٢, ٩١, ٩٠, ٨٩, ٨٨, ٨٧, ٨٦, ٨٥, ٨٤, ٨٣, ٨٢, ٨١, ٨٠, ٧٩, ٧٨, ٧٧, ٧٦, ٧٥, ٧٤, ٧٣, ٧٢, ٧١, ٧٠, ٦٩, ٦٨, ٦٧, ٦٦, ٦٥, ٦٤, ٦٣, ٦٢, ٦١, ٦٠, ٥٩, ٥٨, ٥٧, ٥٦, ٥٥, ٥٤, ٥٣, ٥٢, ٥١, ٥٠, ٤٩, ٤٨, ٤٧, ٤٦, ٤٥, ٤٤, ٤٣, ٤٢, ٤١, ٤٠, ٣٩, ٣٨, ٣٧, ٣٦, ٣٥, ٣٤, ٣٣, ٣٢, ٣١, ٣٠, ٢٩, ٢٨, ٢٧, ٢٦, ٢٥, ٢٤, ٢٣, ٢٢, ٢١, ٢٠, ١٩, ١٨, ١٧, ١٦, ١٥, ١٤, ١٣, ١٢, ١١, ١٠, ٩, ٨, ٧, ٦, ٥, ٤, ٣, ٢, ١, ٠		
١٤٨, ١٧٦, ١٥٧, ١٥٦, ١٥٥	anhydrite	أنهيدريت
٩٢, ٩١	obsidian	أوبسيديان
٤١٥, ٣٠٩, ٣٠٨, ٣٠٧	angite	أوجيت
٤٠٠, ٣٦٩, ٣٦٨, ٣٦٧, ٣٦٦, ٣٦٥, ٣٦٤, ٣٦٣, ٣٦٢, ٣٦١, ٣٦٠, ٣٥٩, ٣٥٨, ٣٥٧, ٣٥٦, ٣٥٥, ٣٥٤, ٣٥٣, ٣٥٢, ٣٥١, ٣٥٠, ٣٤٩, ٣٤٨, ٣٤٧, ٣٤٦, ٣٤٥, ٣٤٤, ٣٤٣, ٣٤٢, ٣٤١, ٣٤٠, ٣٣٩, ٣٣٨, ٣٣٧, ٣٣٦, ٣٣٥, ٣٣٤, ٣٣٣, ٣٣٢, ٣٣١, ٣٣٠, ٣٢٩, ٣٢٨, ٣٢٧, ٣٢٦, ٣٢٥, ٣٢٤, ٣٢٣, ٣٢٢, ٣٢١, ٣٢٠, ٣١٩, ٣١٨, ٣١٧, ٣١٦, ٣١٥, ٣١٤, ٣١٣, ٣١٢, ٣١١, ٣١٠, ٣٠٩, ٣٠٨, ٣٠٧, ٣٠٦, ٣٠٥, ٣٠٤, ٣٠٣, ٣٠٢, ٣٠١, ٣٠٠, ٢٩٩, ٢٩٨, ٢٩٧, ٢٩٦, ٢٩٥, ٢٩٤, ٢٩٣, ٢٩٢, ٢٩١, ٢٩٠, ٢٨٩, ٢٨٨, ٢٨٧, ٢٨٦, ٢٨٥, ٢٨٤, ٢٨٣, ٢٨٢, ٢٨١, ٢٨٠, ٢٧٩, ٢٧٨, ٢٧٧, ٢٧٦, ٢٧٥, ٢٧٤, ٢٧٣, ٢٧٢, ٢٧١, ٢٧٠, ٢٦٩, ٢٦٨, ٢٦٧, ٢٦٦, ٢٦٥, ٢٦٤, ٢٦٣, ٢٦٢, ٢٦١, ٢٦٠, ٢٥٩, ٢٥٨, ٢٥٧, ٢٥٦, ٢٥٥, ٢٥٤, ٢٥٣, ٢٥٢, ٢٥١, ٢٥٠, ٢٤٩, ٢٤٨, ٢٤٧, ٢٤٦, ٢٤٥, ٢٤٤, ٢٤٣, ٢٤٢, ٢٤١, ٢٤٠, ٢٣٩, ٢٣٨, ٢٣٧, ٢٣٦, ٢٣٥, ٢٣٤, ٢٣٣, ٢٣٢, ٢٣١, ٢٣٠, ٢٢٩, ٢٢٨, ٢٢٧, ٢٢٦, ٢٢٥, ٢٢٤, ٢٢٣, ٢٢٢, ٢٢١, ٢٢٠, ٢١٩, ٢١٨, ٢١٧, ٢١٦, ٢١٥, ٢١٤, ٢١٣, ٢١٢, ٢١١, ٢١٠, ٢٠٩, ٢٠٨, ٢٠٧, ٢٠٦, ٢٠٥, ٢٠٤, ٢٠٣, ٢٠٢, ٢٠١, ٢٠٠, ١٩٩, ١٩٨, ١٩٧, ١٩٦, ١٩٥, ١٩٤, ١٩٣, ١٩٢, ١٩١, ١٩٠, ١٨٩, ١٨٨, ١٨٧, ١٨٦, ١٨٥, ١٨٤, ١٨٣, ١٨٢, ١٨١, ١٨٠, ١٧٩, ١٧٨, ١٧٧, ١٧٦, ١٧٥, ١٧٤, ١٧٣, ١٧٢, ١٧١, ١٧٠, ١٦٩, ١٦٨, ١٦٧, ١٦٦, ١٦٥, ١٦٤, ١٦٣, ١٦٢, ١٦١, ١٦٠, ١٥٩, ١٥٨, ١٥٧, ١٥٦, ١٥٥, ١٥٤, ١٥٣, ١٥٢, ١٥١, ١٥٠, ١٤٩, ١٤٨, ١٤٧, ١٤٦, ١٤٥, ١٤٤, ١٤٣, ١٤٢, ١٤١, ١٤٠, ١٣٩, ١٣٨, ١٣٧, ١٣٦, ١٣٥, ١٣٤, ١٣٣, ١٣٢, ١٣١, ١٣٠, ١٢٩, ١٢٨, ١٢٧, ١٢٦, ١٢٥, ١٢٤, ١٢٣, ١٢٢, ١٢١, ١٢٠, ١١٩, ١١٨, ١١٧, ١١٦, ١١٥, ١١٤, ١١٣, ١١٢, ١١١, ١١٠, ١٠٩, ١٠٨, ١٠٧, ١٠٦, ١٠٥, ١٠٤, ١٠٣, ١٠٢, ١٠١, ١٠٠, ٩٩, ٩٨, ٩٧, ٩٦, ٩٥, ٩٤, ٩٣, ٩٢, ٩١, ٩٠, ٨٩, ٨٨, ٨٧, ٨٦, ٨٥, ٨٤, ٨٣, ٨٢, ٨١, ٨٠, ٧٩, ٧٨, ٧٧, ٧٦, ٧٥, ٧٤, ٧٣, ٧٢, ٧١, ٧٠, ٦٩, ٦٨, ٦٧, ٦٦, ٦٥, ٦٤, ٦٣, ٦٢, ٦١, ٦٠, ٥٩, ٥٨, ٥٧, ٥٦, ٥٥, ٥٤, ٥٣, ٥٢, ٥١, ٥٠, ٤٩, ٤٨, ٤٧, ٤٦, ٤٥, ٤٤, ٤٣, ٤٢, ٤١, ٤٠, ٣٩, ٣٨, ٣٧, ٣٦, ٣٥, ٣٤, ٣٣, ٣٢, ٣١, ٣٠, ٢٩, ٢٨, ٢٧, ٢٦, ٢٥, ٢٤, ٢٣, ٢٢, ٢١, ٢٠, ١٩, ١٨, ١٧, ١٦, ١٥, ١٤, ١٣, ١٢, ١١, ١٠, ٩, ٨, ٧, ٦, ٥, ٤, ٣, ٢, ١, ٠		
١٤٦		

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
	(ب)	
٩٦، ٩٥	batholiths	باثوليثات
٥١	baryte	باريت
٢٥٧، ١٦٥، ١٤٣، ١٠٧، ١٠٥، ١٠٣، ٩٧، ٩٤، ٩١، ٩٠، ٨٩	basalt	بازلت
٤٦٨، ٤٢٣، ٤١٧، ٢٥٧، ٢٥٤، ١٢٧، ١٠٨، ٤٢، ٢٧	core	ياطن
٢٨٤، ٢٧٢، ٢٧١، ٢٦٨، ٢٦٦، ٢٨٤، ١٢٦، ١٢٥	palaeozoic	باليوزوي
٤٠٧، ٤٠٤، ٢٦٩، ٢٦٨، ٢٥٧	Palaecocene	بالوسين
٤٢٢، ١١٥، ١١٤، ١١٣، ١١٢، ١١١، ١١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١، ٠	petroleum	بتروöl
٤٠٢، ٣٦١	pterosaurs	بتروصورات
٢٦٨، ٣٦١	pegmatite	بجمايت
٩٢، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١، ٠	lakes	بحيرات
٢٤٤، ٢٤٣، ٢٤٢، ٢٤١	turn	بحيرة جلية
٤٢٦، ٣٦١	volcanoes	براكين
١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١، ٠	berchan	برخان
٢١٠، ٢٠٩	blastoides	برعميات
٢٢٦، ٢٢٥	volcanism	بركتة
٢٠٣، ١٢٣، ١٠٨، ١٠٠، ٨٥، ٤٢	amphibia	برمائيات
٢٢٦، ٢٢٥، ٢٢٤، ٢٢٣، ٢٢٢، ٢٢١، ٢٢٠، ٢١٩، ٢١٨، ٢١٧، ٢١٦، ٢١٥، ٢١٤، ٢١٣، ٢١٢، ٢١١، ٢١٠، ٢٠٩، ٢٠٨، ٢٠٧، ٢٠٦، ٢٠٥، ٢٠٤، ٢٠٣، ٢٠٢، ٢٠١، ٢٠٠، ١٩٩، ١٩٨، ١٩٧، ١٩٦، ١٩٥، ١٩٤، ١٩٣، ١٩٢، ١٩١، ١٩٠، ١٨٩، ١٨٨، ١٨٧، ١٨٦، ١٨٥، ١٨٤، ١٨٣، ١٨٢، ١٨١، ١٨٠، ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧، ١٧٦، ١٧٥، ١٧٤، ١٧٣، ١٧٢، ١٧١، ١٧٠، ١٦٩، ١٦٨، ١٦٧، ١٦٦، ١٦٥، ١٦٤، ١٦٣، ١٦٢، ١٦١، ١٦٠، ١٥٩، ١٥٨، ١٥٧، ١٥٦، ١٥٥، ١٥٤، ١٥٣، ١٥٢، ١٥١، ١٥٠، ١٤٩، ١٤٨، ١٤٧، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٤، ١٤٣، ١٤٢، ١٤١، ١٤٠، ١٣٩، ١٣٨، ١٣٧، ١٣٦، ١٣٥، ١٣٤، ١٣٣، ١٣٢، ١٣١، ١٣٠، ١٢٩، ١٢٨، ١٢٧، ١٢٦، ١٢٥، ١٢٤، ١٢٣، ١٢٢، ١٢١، ١٢٠، ١١٩، ١١٨، ١١٧، ١١٦، ١١٥، ١١٤، ١١٣، ١١٢، ١١١، ١١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١، ٠	protozoa	بروتوزوا
٨٨، ٨٦	peridotite	بريدوتيت
٤٠٢، ٢٢٦، ٢٢٥، ٢٢٤، ٢٢٣، ٢٢٢، ٢٢١، ٢٢٠، ٢١٩، ٢١٨، ٢١٧، ٢١٦، ٢١٥، ٢١٤، ٢١٣، ٢١٢، ٢١١، ٢١٠، ٢٠٩، ٢٠٨، ٢٠٧، ٢٠٦، ٢٠٥، ٢٠٤، ٢٠٣، ٢٠٢، ٢٠١، ٢٠٠، ١٩٩، ١٩٨، ١٩٧، ١٩٦، ١٩٥، ١٩٤، ١٩٣، ١٩٢، ١٩١، ١٩٠، ١٨٩، ١٨٨، ١٨٧، ١٨٦، ١٨٥، ١٨٤، ١٨٣، ١٨٢، ١٨١، ١٨٠، ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧، ١٧٦، ١٧٥، ١٧٤، ١٧٣، ١٧٢، ١٧١، ١٧٠، ١٦٩، ١٦٨، ١٦٧، ١٦٦، ١٦٥، ١٦٤، ١٦٣، ١٦٢، ١٦١، ١٦٠، ١٥٩، ١٥٨، ١٥٧، ١٥٦، ١٥٥، ١٥٤، ١٥٣، ١٥٢، ١٥١، ١٥٠، ١٤٩، ١٤٨، ١٤٧، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٤، ١٤٣، ١٤٢، ١٤١، ١٤٠، ١٣٩، ١٣٨، ١٣٧، ١٣٦، ١٣٥، ١٣٤، ١٣٣، ١٣٢، ١٣١، ١٣٠، ١٢٩، ١٢٨، ١٢٧، ١٢٦، ١٢٥، ١٢٤، ١٢٣، ١٢٢، ١٢١، ١٢٠، ١١٩، ١١٨، ١١٧، ١١٦، ١١٥، ١١٤، ١١٣، ١١٢، ١١١، ١١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١، ٠	bryozoa	بريوزوا
٤٠٢، ٢٢٦، ٢٢٥، ٢٢٤، ٢٢٣، ٢٢٢، ٢٢١، ٢٢٠، ٢١٩، ٢١٨، ٢١٧، ٢١٦، ٢١٥، ٢١٤، ٢١٣، ٢١٢، ٢١١، ٢١٠، ٢٠٩، ٢٠٨، ٢٠٧، ٢٠٦، ٢٠٥، ٢٠٤، ٢٠٣، ٢٠٢، ٢٠١، ٢٠٠، ١٩٩، ١٩٨، ١٩٧، ١٩٦، ١٩٥، ١٩٤، ١٩٣، ١٩٢، ١٩١، ١٩٠، ١٨٩، ١٨٨، ١٨٧، ١٨٦، ١٨٥، ١٨٤، ١٨٣، ١٨٢، ١٨١، ١٨٠، ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧، ١٧٦، ١٧٥، ١٧٤، ١٧٣، ١٧٢، ١٧١، ١٧٠، ١٦٩، ١٦٨، ١٦٧، ١٦٦، ١٦٥، ١٦٤، ١٦٣، ١٦٢، ١٦١، ١٦٠، ١٥٩، ١٥٨، ١٥٧، ١٥٦، ١٥٥، ١٥٤، ١٥٣، ١٥٢، ١٥١، ١٥٠، ١٤٩، ١٤٨، ١٤٧، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٤، ١٤٣، ١٤٢، ١٤١، ١٤٠، ١٣٩، ١٣٨، ١٣٧، ١٣٦، ١٣٥، ١٣٤، ١٣٣، ١٣٢، ١٣١، ١٣٠، ١٢٩، ١٢٨، ١٢٧، ١٢٦، ١٢٥، ١٢٤، ١٢٣، ١٢٢، ١٢١، ١٢٠، ١١٩، ١١٨، ١١٧، ١١٦، ١١٥، ١١٤، ١١٣، ١١٢، ١١١، ١١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١، ٠	gastropoda	بطنقميات
٤٠٨	Australopithecines	بقايا قردة تشبه الإنسان
٩٠، ٨٧، ٦٥، ٦٤، ٦٣	plagioclase	بلاجيوكليز

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
٧٨، ٥٤، ٥٦	tourmaline	تورمالين
٢٧٧، ٢٧٦	torridonian	توريدوني
٢٢٦، ٢٢٧، ٢٢٨	tonbolos	تومبولات
١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٣٦	currents	تيارات
١٢٤، ١٢٥	rip currents	تيارات قطع
٢٧٤	thallophyta	ثالوسيات
٢٧٧، ٢٧٨، ٢٧٩، ٢٨٠، ٢٨١، ٢٨٢، ٢٨٣، ٢٨٤، ٢٨٥، ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٨، ٢٨٩، ٢٩٠، ٢٩١، ٢٩٢، ٢٩٣، ٢٩٤، ٢٩٥، ٢٩٦، ٢٩٧، ٢٩٨، ٢٩٩، ٣٠٠، ٣٠١، ٣٠٢، ٣٠٣، ٣٠٤، ٣٠٥، ٣٠٦، ٣٠٧، ٣٠٨، ٣٠٩، ٣١٠، ٣١١، ٣١٢، ٣١٣، ٣١٤، ٣١٥، ٣١٦، ٣١٧، ٣١٨، ٣١٩، ٣٢٠، ٣٢١، ٣٢٢، ٣٢٣، ٣٢٤، ٣٢٥، ٣٢٦، ٣٢٧، ٣٢٨، ٣٢٩، ٣٣٠، ٣٣١، ٣٣٢، ٣٣٣، ٣٣٤، ٣٣٥، ٣٣٦، ٣٣٧، ٣٣٨، ٣٣٩، ٣٤٠، ٣٤١، ٣٤٢، ٣٤٣، ٣٤٤، ٣٤٥، ٣٤٦، ٣٤٧، ٣٤٨، ٣٤٩، ٣٥٠، ٣٥١، ٣٥٢، ٣٥٣، ٣٥٤، ٣٥٥، ٣٥٦، ٣٥٧، ٣٥٨، ٣٥٩، ٣٦٠، ٣٦١، ٣٦٢، ٣٦٣، ٣٦٤، ٣٦٥، ٣٦٦، ٣٦٧، ٣٦٨، ٣٦٩، ٣٧٠، ٣٧١، ٣٧٢، ٣٧٣، ٣٧٤، ٣٧٥، ٣٧٦، ٣٧٧، ٣٧٨، ٣٧٩، ٣٨٠، ٣٨١، ٣٨٢، ٣٨٣، ٣٨٤، ٣٨٥، ٣٨٦، ٣٨٧، ٣٨٨، ٣٨٩، ٣٩٠، ٣٩١، ٣٩٢، ٣٩٣، ٣٩٤، ٣٩٥، ٣٩٦، ٣٩٧، ٣٩٨، ٣٩٩، ٤٠٠، ٤٠١، ٤٠٢، ٤٠٣، ٤٠٤، ٤٠٥، ٤٠٦، ٤٠٧، ٤٠٨، ٤٠٩، ٤١٠، ٤١١، ٤١٢، ٤١٣، ٤١٤، ٤١٥، ٤١٦، ٤١٧، ٤١٨، ٤١٩، ٤٢٠، ٤٢١، ٤٢٢، ٤٢٣، ٤٢٤، ٤٢٥، ٤٢٦، ٤٢٧، ٤٢٨، ٤٢٩، ٤٣٠، ٤٣١، ٤٣٢، ٤٣٣، ٤٣٤، ٤٣٥، ٤٣٦، ٤٣٧، ٤٣٨، ٤٣٩، ٤٤٠، ٤٤١، ٤٤٢، ٤٤٣، ٤٤٤، ٤٤٥، ٤٤٦، ٤٤٧، ٤٤٨، ٤٤٩، ٤٥٠، ٤٥١، ٤٥٢، ٤٥٣، ٤٥٤، ٤٥٥، ٤٥٦، ٤٥٧، ٤٥٨، ٤٥٩، ٤٦٠، ٤٦١، ٤٦٢، ٤٦٣، ٤٦٤، ٤٦٥، ٤٦٦، ٤٦٧، ٤٦٨، ٤٦٩، ٤٧٠، ٤٧١، ٤٧٢، ٤٧٣، ٤٧٤، ٤٧٥، ٤٧٦، ٤٧٧، ٤٧٨، ٤٧٩، ٤٨٠، ٤٨١، ٤٨٢، ٤٨٣، ٤٨٤، ٤٨٥، ٤٨٦، ٤٨٧، ٤٨٨، ٤٨٩، ٤٩٠، ٤٩١، ٤٩٢، ٤٩٣، ٤٩٤، ٤٩٥، ٤٩٦، ٤٩٧، ٤٩٨، ٤٩٩، ٥٠٠، ٥٠١، ٥٠٢، ٥٠٣، ٥٠٤، ٥٠٥، ٥٠٦، ٥٠٧، ٥٠٨، ٥٠٩، ٥١٠، ٥١١، ٥١٢، ٥١٣، ٥١٤، ٥١٥، ٥١٦، ٥١٧، ٥١٨، ٥١٩، ٥٢٠، ٥٢١، ٥٢٢، ٥٢٣، ٥٢٤، ٥٢٥، ٥٢٦، ٥٢٧، ٥٢٨، ٥٢٩، ٥٣٠، ٥٣١، ٥٣٢، ٥٣٣، ٥٣٤، ٥٣٥، ٥٣٦، ٥٣٧، ٥٣٨، ٥٣٩، ٥٤٠، ٥٤١، ٥٤٢، ٥٤٣، ٥٤٤، ٥٤٥، ٥٤٦، ٥٤٧، ٥٤٨، ٥٤٩، ٥٥٠، ٥٥١، ٥٥٢، ٥٥٣، ٥٥٤، ٥٥٥، ٥٥٦، ٥٥٧، ٥٥٨، ٥٥٩، ٥٦٠، ٥٦١، ٥٦٢، ٥٦٣، ٥٦٤، ٥٦٥، ٥٦٦، ٥٦٧، ٥٦٨، ٥٦٩، ٥٧٠، ٥٧١، ٥٧٢، ٥٧٣، ٥٧٤، ٥٧٥، ٥٧٦، ٥٧٧، ٥٧٨، ٥٧٩، ٥٨٠، ٥٨١، ٥٨٢، ٥٨٣، ٥٨٤، ٥٨٥، ٥٨٦، ٥٨٧، ٥٨٨، ٥٨٩، ٥٩٠، ٥٩١، ٥٩٢، ٥٩٣، ٥٩٤، ٥٩٥، ٥٩٦، ٥٩٧، ٥٩٨، ٥٩٩، ٦٠٠، ٦٠١، ٦٠٢، ٦٠٣، ٦٠٤، ٦٠٥، ٦٠٦، ٦٠٧، ٦٠٨، ٦٠٩، ٦١٠، ٦١١، ٦١٢، ٦١٣، ٦١٤، ٦١٥، ٦١٦، ٦١٧، ٦١٨، ٦١٩، ٦٢٠، ٦٢١، ٦٢٢، ٦٢٣، ٦٢٤، ٦٢٥، ٦٢٦، ٦٢٧، ٦٢٨، ٦٢٩، ٦٣٠، ٦٣١، ٦٣٢، ٦٣٣، ٦٣٤، ٦٣٥، ٦٣٦، ٦٣٧، ٦٣٨، ٦٣٩، ٦٤٠، ٦٤١، ٦٤٢، ٦٤٣، ٦٤٤، ٦٤٥، ٦٤٦، ٦٤٧، ٦٤٨، ٦٤٩، ٦٥٠، ٦٥١، ٦٥٢، ٦٥٣، ٦٥٤، ٦٥٥، ٦٥٦، ٦٥٧، ٦٥٨، ٦٥٩، ٦٦٠، ٦٦١، ٦٦٢، ٦٦٣، ٦٦٤، ٦٦٥، ٦٦٦، ٦٦٧، ٦٦٨، ٦٦٩، ٦٧٠، ٦٧١، ٦٧٢، ٦٧٣، ٦٧٤، ٦٧٥، ٦٧٦، ٦٧٧، ٦٧٨، ٦٧٩، ٦٨٠، ٦٨١، ٦٨٢، ٦٨٣، ٦٨٤، ٦٨٥، ٦٨٦، ٦٨٧، ٦٨٨، ٦٨٩، ٦٩٠، ٦٩١، ٦٩٢، ٦٩٣، ٦٩٤، ٦٩٥، ٦٩٦، ٦٩٧، ٦٩٨، ٦٩٩، ٧٠٠، ٧٠١، ٧٠٢، ٧٠٣، ٧٠٤، ٧٠٥، ٧٠٦، ٧٠٧، ٧٠٨، ٧٠٩، ٧١٠، ٧١١، ٧١٢، ٧١٣، ٧١٤، ٧١٥، ٧١٦، ٧١٧، ٧١٨، ٧١٩، ٧٢٠، ٧٢١، ٧٢٢، ٧٢٣، ٧٢٤، ٧٢٥، ٧٢٦، ٧٢٧، ٧٢٨، ٧٢٩، ٧٣٠، ٧٣١، ٧٣٢، ٧٣٣، ٧٣٤، ٧٣٥، ٧٣٦، ٧٣٧، ٧٣٨، ٧٣٩، ٧٤٠، ٧٤١، ٧٤٢، ٧٤٣، ٧٤٤، ٧٤٥، ٧٤٦، ٧٤٧، ٧٤٨، ٧٤٩، ٧٥٠، ٧٥١، ٧٥٢، ٧٥٣، ٧٥٤، ٧٥٥، ٧٥٦، ٧٥٧، ٧٥٨، ٧٥٩، ٧٦٠، ٧٦١، ٧٦٢، ٧٦٣، ٧٦٤، ٧٦٥، ٧٦٦، ٧٦٧، ٧٦٨، ٧٦٩، ٧٧٠، ٧٧١، ٧٧٢، ٧٧٣، ٧٧٤، ٧٧٥، ٧٧٦، ٧٧٧، ٧٧٨، ٧٧٩، ٧٨٠، ٧٨١، ٧٨٢، ٧٨٣، ٧٨٤، ٧٨٥، ٧٨٦، ٧٨٧، ٧٨٨، ٧٨٩، ٧٩٠، ٧٩١، ٧٩٢، ٧٩٣، ٧٩٤، ٧٩٥، ٧٩٦، ٧٩٧، ٧٩٨، ٧٩٩، ٨٠٠، ٨٠١، ٨٠٢، ٨٠٣، ٨٠٤، ٨٠٥، ٨٠٦، ٨٠٧، ٨٠٨، ٨٠٩، ٨١٠، ٨١١، ٨١٢، ٨١٣، ٨١٤، ٨١٥، ٨١٦، ٨١٧، ٨١٨، ٨١٩، ٨٢٠، ٨٢١، ٨٢٢، ٨٢٣، ٨٢٤، ٨٢٥، ٨٢٦، ٨٢٧، ٨٢٨، ٨٢٩، ٨٣٠، ٨٣١، ٨٣٢، ٨٣٣، ٨٣٤، ٨٣٥، ٨٣٦، ٨٣٧، ٨٣٨، ٨٣٩، ٨٤٠، ٨٤١، ٨٤٢، ٨٤٣، ٨٤٤، ٨٤٥، ٨٤٦، ٨٤٧، ٨٤٨، ٨٤٩، ٨٥٠، ٨٥١، ٨٥٢، ٨٥٣، ٨٥٤، ٨٥٥، ٨٥٦، ٨٥٧، ٨٥٨، ٨٥٩، ٨٦٠، ٨٦١، ٨٦٢، ٨٦٣، ٨٦٤، ٨٦٥، ٨٦٦، ٨٦٧، ٨٦٨، ٨٦٩، ٨٧٠، ٨٧١، ٨٧٢، ٨٧٣، ٨٧٤، ٨٧٥، ٨٧٦، ٨٧٧، ٨٧٨، ٨٧٩، ٨٨٠، ٨٨١، ٨٨٢، ٨٨٣، ٨٨٤، ٨٨٥، ٨٨٦، ٨٨٧، ٨٨٨، ٨٨٩، ٨٩٠، ٨٩١، ٨٩٢، ٨٩٣، ٨٩٤، ٨٩٥، ٨٩٦، ٨٩٧، ٨٩٨، ٨٩٩، ٩٠٠، ٩٠١، ٩٠٢، ٩٠٣، ٩٠٤، ٩٠٥، ٩٠٦، ٩٠٧، ٩٠٨، ٩٠٩، ٩١٠، ٩١١، ٩١٢، ٩١٣، ٩١٤، ٩١٥، ٩١٦، ٩١٧، ٩١٨، ٩١٩، ٩٢٠، ٩٢١، ٩٢٢، ٩٢٣، ٩٢٤، ٩٢٥، ٩٢٦، ٩٢٧، ٩٢٨، ٩٢٩، ٩٣٠، ٩٣١، ٩٣٢، ٩٣٣، ٩٣٤، ٩٣٥، ٩٣٦، ٩٣٧، ٩٣٨، ٩٣٩، ٩٤٠، ٩٤١، ٩٤٢، ٩٤٣، ٩٤٤، ٩٤٥، ٩٤٦، ٩٤٧، ٩٤٨، ٩٤٩، ٩٥٠، ٩٥١، ٩٥٢، ٩٥٣، ٩٥٤، ٩٥٥، ٩٥٦، ٩٥٧، ٩٥٨، ٩٥٩، ٩٦٠، ٩٦١، ٩٦٢، ٩٦٣، ٩٦٤، ٩٦٥، ٩٦٦، ٩٦٧، ٩٦٨، ٩٦٩، ٩٧٠، ٩٧١، ٩٧٢، ٩٧٣، ٩٧٤، ٩٧٥، ٩٧٦، ٩٧٧، ٩٧٨، ٩٧٩، ٩٨٠، ٩٨١، ٩٨٢، ٩٨٣، ٩٨٤، ٩٨٥، ٩٨٦، ٩٨٧، ٩٨٨، ٩٨٩، ٩٩٠، ٩٩١، ٩٩٢، ٩٩٣، ٩٩٤، ٩٩٥، ٩٩٦، ٩٩٧، ٩٩٨، ٩٩٩، ١٠٠٠، ١٠٠١، ١٠٠٢، ١٠٠٣، ١٠٠٤، ١٠٠٥، ١٠٠٦، ١٠٠٧، ١٠٠٨، ١٠٠٩، ١٠١٠، ١٠١١، ١٠١٢، ١٠١٣، ١٠١٤، ١٠١٥، ١٠١٦، ١٠١٧، ١٠١٨، ١٠١٩، ١٠٢٠، ١٠٢١، ١٠٢٢، ١٠٢٣، ١٠٢٤، ١٠٢٥، ١٠٢٦، ١٠٢٧، ١٠٢٨، ١٠٢٩، ١٠٣٠، ١٠٣١، ١٠٣٢، ١٠٣٣، ١٠٣٤، ١٠٣٥، ١٠٣٦، ١٠٣٧، ١٠٣٨، ١٠٣٩، ١٠٤٠، ١٠٤١، ١٠٤٢، ١٠٤٣، ١٠٤٤، ١٠٤٥، ١٠٤٦، ١٠٤٧، ١٠٤٨، ١٠٤٩، ١٠٥٠، ١٠٥١، ١٠٥٢، ١٠٥٣، ١٠٥٤، ١٠٥٥، ١٠٥٦، ١٠٥٧، ١٠٥٨، ١٠٥٩، ١٠٦٠، ١٠٦١، ١٠٦٢، ١٠٦٣، ١٠٦٤، ١٠٦٥، ١٠٦٦، ١٠٦٧، ١٠٦٨، ١٠٦٩، ١٠٧٠، ١٠٧١، ١٠٧٢، ١٠٧٣، ١٠٧٤، ١٠٧٥، ١٠٧٦، ١٠٧٧، ١٠٧٨، ١٠٧٩، ١٠٨٠، ١٠٨١، ١٠٨٢، ١٠٨٣، ١٠٨٤، ١٠٨٥، ١٠٨٦، ١٠٨٧، ١٠٨٨، ١٠٨٩، ١٠٩٠، ١٠٩١، ١٠٩٢، ١٠٩٣، ١٠٩٤، ١٠٩٥، ١٠٩٦، ١٠٩٧، ١٠٩٨، ١٠٩٩، ١١٠٠، ١١٠١، ١١٠٢، ١١٠٣، ١١٠٤، ١١٠٥، ١١٠٦، ١١٠٧، ١١٠٨، ١١٠٩، ١١١٠، ١١١١، ١١١٢، ١١١٣، ١١١٤، ١١١٥، ١١١٦، ١١١٧، ١١١٨، ١١١٩، ١١٢٠، ١١٢١، ١١٢٢، ١١٢٣، ١١٢٤، ١١٢٥، ١١٢٦، ١١٢٧، ١١٢٨، ١١٢٩، ١١٣٠، ١١٣١، ١١٣٢، ١١٣٣، ١١٣٤، ١١٣٥، ١١٣٦، ١١٣٧، ١١٣٨، ١١٣٩، ١١٤٠، ١١٤١، ١١٤٢، ١١٤٣، ١١٤٤، ١١٤٥، ١١٤٦، ١١٤٧، ١١٤٨، ١١٤٩، ١١٥٠، ١١٥١، ١١٥٢، ١١٥٣، ١١٥٤، ١١٥٥، ١١٥٦، ١١٥٧، ١١٥٨، ١١٥٩، ١١٦٠، ١١٦١، ١١٦٢، ١١٦٣، ١١٦٤، ١١٦٥، ١١٦٦، ١١٦٧، ١١٦٨، ١١٦٩، ١١٧٠، ١١٧١، ١١٧٢، ١١٧٣، ١١٧٤، ١١٧٥، ١١٧٦، ١١٧٧، ١١٧٨، ١١٧٩، ١١٨٠، ١١٨١، ١١٨٢، ١١٨٣، ١١٨٤، ١١٨٥، ١١٨٦، ١١٨٧، ١١٨٨، ١١٨٩، ١١٩٠، ١١٩١، ١١٩٢، ١١٩٣، ١١٩٤، ١١٩٥، ١١٩٦، ١١٩٧، ١١٩٨، ١١٩٩، ١٢٠٠، ١٢٠١، ١٢٠٢، ١٢٠٣، ١٢٠٤، ١٢٠٥، ١٢٠٦، ١٢٠٧، ١٢٠٨، ١٢٠٩، ١٢١٠، ١٢١١، ١٢١٢، ١٢١٣، ١٢١٤، ١٢١٥، ١٢١٦، ١٢١٧، ١٢١٨، ١٢١٩، ١٢٢٠، ١٢٢١، ١٢٢٢، ١٢٢٣، ١٢٢٤، ١٢٢٥، ١٢٢٦، ١٢٢٧، ١٢٢٨، ١٢٢٩، ١٢٣٠، ١٢٣١، ١٢٣٢، ١٢٣٣، ١٢٣٤، ١٢٣٥، ١٢٣٦، ١٢٣٧، ١٢٣٨، ١٢٣٩، ١٢٤٠، ١٢٤١، ١٢٤٢، ١٢٤٣، ١٢٤٤، ١٢٤٥، ١٢٤٦، ١٢٤٧، ١٢٤٨، ١٢٤٩، ١٢٥٠، ١٢٥١، ١٢٥٢، ١٢٥٣، ١٢٥٤، ١٢٥٥، ١٢٥٦، ١٢٥٧، ١٢٥٨، ١٢٥٩، ١٢٦٠، ١٢٦١، ١٢٦٢، ١٢٦٣، ١٢٦٤، ١٢٦٥، ١٢٦٦، ١٢٦٧، ١٢٦٨، ١٢٦٩، ١٢٧٠، ١٢٧١، ١٢٧٢، ١٢٧٣، ١٢٧٤، ١٢٧٥، ١٢٧٦، ١٢٧٧، ١٢٧٨، ١٢٧٩، ١٢٨٠، ١٢٨١، ١٢٨٢، ١٢٨٣، ١٢٨٤، ١٢٨٥، ١٢٨٦، ١٢٨٧، ١٢٨٨، ١٢٨٩، ١٢٩٠، ١٢٩١، ١٢٩٢، ١٢٩٣، ١٢٩٤، ١٢٩٥، ١٢٩٦، ١٢٩٧، ١٢٩٨، ١٢٩٩، ١٣٠٠، ١٣٠١، ١٣٠٢، ١٣٠٣، ١٣٠٤، ١٣٠٥، ١٣٠٦، ١٣٠٧، ١٣٠٨، ١٣٠٩، ١٣١٠، ١٣١١، ١٣١٢، ١٣١٣، ١٣١٤، ١٣١٥، ١٣١٦، ١٣١٧، ١٣١٨، ١٣١٩، ١٣٢٠، ١٣٢١، ١٣٢٢، ١٣٢٣، ١٣٢٤، ١٣٢٥، ١٣٢٦، ١٣٢٧، ١٣٢٨، ١٣٢٩، ١٣٣٠، ١٣٣١، ١٣٣٢، ١٣٣٣، ١٣٣٤، ١٣٣٥، ١٣٣٦، ١٣٣٧، ١٣٣٨، ١٣٣٩، ١٣٤٠، ١٣٤١، ١٣٤٢، ١٣٤٣، ١٣٤٤، ١٣٤٥، ١٣٤٦، ١٣٤٧، ١٣٤٨، ١٣٤٩، ١٣٥٠، ١٣٥١، ١٣٥٢، ١٣٥٣، ١٣٥٤، ١٣٥٥، ١٣٥٦، ١٣٥٧، ١٣٥٨، ١٣٥٩، ١٣٦٠، ١٣٦١، ١٣٦٢، ١٣٦٣، ١٣٦٤، ١٣٦٥، ١٣٦٦، ١٣٦٧، ١٣٦٨، ١٣٦٩، ١٣٧٠، ١٣٧١، ١٣٧٢، ١٣٧٣، ١٣٧٤، ١٣٧٥، ١٣٧٦، ١٣٧٧، ١٣٧٨، ١٣٧٩، ١٣٨٠، ١٣٨١، ١٣٨٢، ١٣٨٣، ١٣٨٤، ١٣٨٥، ١٣٨٦، ١٣٨٧، ١٣٨٨، ١٣٨٩، ١٣٩٠، ١٣٩١، ١٣٩٢، ١٣٩٣، ١٣٩٤، ١٣٩٥، ١٣٩٦، ١٣٩٧، ١٣٩٨، ١٣٩٩، ١٤٠٠، ١٤٠١، ١٤٠٢، ١٤٠٣، ١٤٠٤، ١٤٠٥، ١٤٠٦، ١٤٠٧، ١٤٠٨، ١٤٠٩، ١٤١٠، ١٤١١، ١٤١٢، ١٤١٣، ١٤١٤، ١٤١٥، ١٤١٦، ١٤١٧، ١٤١٨، ١٤١٩، ١٤٢٠، ١٤٢١، ١٤٢٢، ١٤٢٣، ١٤٢٤، ١٤٢٥، ١٤٢٦، ١٤٢٧، ١٤٢٨، ١٤٢٩، ١٤٣٠، ١٤٣١، ١٤٣٢، ١٤٣٣، ١٤٣٤، ١٤٣٥، ١٤٣٦، ١٤٣٧، ١٤٣٨، ١٤٣٩، ١٤٤٠، ١٤٤١، ١٤٤٢، ١٤٤٣، ١٤٤٤، ١٤٤٥، ١٤٤٦، ١٤٤٧، ١٤٤٨، ١٤٤٩، ١٤٥٠، ١٤٥١، ١٤٥٢، ١٤٥٣، ١٤٥٤، ١٤٥٥، ١٤٥٦، ١٤٥٧، ١٤٥٨، ١٤٥٩، ١٤٦٠، ١٤٦١، ١٤٦٢، ١٤٦٣، ١٤٦٤، ١٤٦٥، ١٤٦٦، ١٤٦٧، ١٤٦٨، ١٤٦٩، ١٤٧٠، ١٤٧١، ١٤٧٢، ١٤٧٣، ١٤٧٤، ١٤٧٥، ١٤٧٦، ١٤٧٧، ١٤٧٨، ١٤٧٩، ١٤٨٠، ١٤٨١، ١٤٨٢، ١٤٨٣، ١٤٨٤، ١٤٨٥، ١٤٨٦، ١٤٨٧، ١٤٨٨، ١٤٨٩، ١٤٩٠، ١٤٩١، ١٤٩٢، ١٤٩٣، ١٤٩٤، ١٤٩٥، ١٤٩٦، ١٤٩٧، ١٤٩٨، ١٤٩٩، ١٥٠٠، ١٥٠١، ١٥٠٢، ١٥٠٣، ١٥٠٤، ١٥٠٥، ١٥٠٦، ١٥٠٧، ١٥٠٨، ١٥٠٩، ١٥١٠، ١٥١١، ١٥١٢، ١٥١٣، ١٥١٤، ١٥١٥، ١٥١٦، ١٥١٧، ١٥١٨، ١٥١٩، ١٥٢٠، ١٥٢١، ١٥٢٢، ١٥٢٣، ١٥٢٤، ١٥٢٥، ١٥٢٦، ١٥٢٧، ١٥٢٨، ١٥٢٩، ١٥٣٠، ١٥٣١، ١٥٣٢، ١٥٣٣، ١٥٣٤، ١٥٣٥، ١٥٣٦، ١٥٣٧، ١٥٣٨، ١٥٣٩، ١٥٤٠، ١٥٤١، ١٥٤٢، ١٥٤٣، ١٥٤٤، ١٥٤٥، ١٥٤٦، ١٥٤٧، ١٥٤٨، ١٥٤٩، ١٥٥٠، ١٥٥١، ١٥٥٢، ١٥٥٣، ١٥٥٤، ١٥٥٥، ١٥٥٦، ١٥٥٧، ١٥٥٨، ١٥٥٩، ١٥٦٠، ١٥٦١، ١٥٦٢، ١٥٦٣، ١٥٦٤، ١٥٦٥، ١٥٦٦، ١٥٦٧، ١٥٦٨، ١٥٦٩، ١٥٧٠، ١٥٧١، ١٥٧٢، ١٥٧٣، ١٥٧٤، ١٥٧٥، ١٥٧٦، ١٥٧٧، ١٥٧٨، ١٥٧٩، ١٥٨٠، ١٥٨١، ١٥٨٢، ١٥٨٣، ١٥٨٤، ١٥٨٥، ١٥٨٦، ١٥٨٧، ١٥٨٨، ١٥٨٩، ١٥٩٠، ١٥٩١، ١٥٩٢، ١٥٩٣، ١٥٩٤، ١٥٩٥، ١٥٩٦، ١٥٩٧، ١٥٩٨، ١٥٩٩، ١٦٠٠، ١٦٠١، ١٦٠٢، ١٦٠٣، ١٦٠٤، ١٦٠٥، ١٦٠٦، ١٦٠٧، ١٦٠٨، ١٦٠٩، ١٦١٠، ١٦١١، ١٦١٢، ١٦١٣، ١٦١٤، ١٦١٥، ١٦١٦، ١٦١٧، ١٦١٨، ١٦١٩، ١٦٢٠، ١٦٢١، ١٦٢٢، ١٦٢٣، ١٦		

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
٤٦٨، ٤٦٤، ٤٦١، ٤٦٠، ٤١٧، ٤١٥، ٤١٠، ٣٧٧، ٣٧٦، ٣٧٥، ٣٧٤، ٣٧٣، ٣٧٢، ٣٧١، ٣٧٠، ٣٦٩، ٣٦٨، ٣٦٧، ٣٦٦، ٣٦٥، ٣٦٤، ٣٦٣، ٣٦٢، ٣٦١، ٣٦٠، ٣٥٩، ٣٥٨، ٣٥٧، ٣٥٦، ٣٥٥، ٣٥٤، ٣٥٣، ٣٥٢، ٣٥١، ٣٥٠، ٣٤٩، ٣٤٨، ٣٤٧، ٣٤٦، ٣٤٥، ٣٤٤، ٣٤٣، ٣٤٢، ٣٤١، ٣٤٠، ٣٣٩، ٣٣٨، ٣٣٧، ٣٣٦، ٣٣٥، ٣٣٤، ٣٣٣، ٣٣٢، ٣٣١، ٣٣٠، ٣٢٩، ٣٢٨، ٣٢٧، ٣٢٦، ٣٢٥، ٣٢٤، ٣٢٣، ٣٢٢، ٣٢١، ٣٢٠، ٣١٩، ٣١٨، ٣١٧، ٣١٦، ٣١٥، ٣١٤، ٣١٣، ٣١٢، ٣١١، ٣١٠، ٣٠٩، ٣٠٨، ٣٠٧، ٣٠٦، ٣٠٥، ٣٠٤، ٣٠٣، ٣٠٢، ٣٠١، ٣٠٠، ٢٩٩، ٢٩٨، ٢٩٧، ٢٩٦، ٢٩٥، ٢٩٤، ٢٩٣، ٢٩٢، ٢٩١، ٢٩٠، ٢٨٩، ٢٨٨، ٢٨٧، ٢٨٦، ٢٨٥، ٢٨٤، ٢٨٣، ٢٨٢، ٢٨١، ٢٨٠، ٢٧٩، ٢٧٨، ٢٧٧، ٢٧٦، ٢٧٥، ٢٧٤، ٢٧٣، ٢٧٢، ٢٧١، ٢٧٠، ٢٦٩، ٢٦٨، ٢٦٧، ٢٦٦، ٢٦٥، ٢٦٤، ٢٦٣، ٢٦٢، ٢٦١، ٢٦٠، ٢٥٩، ٢٥٨، ٢٥٧، ٢٥٦، ٢٥٥، ٢٥٤، ٢٥٣، ٢٥٢، ٢٥١، ٢٥٠، ٢٤٩، ٢٤٨، ٢٤٧، ٢٤٦، ٢٤٥، ٢٤٤، ٢٤٣، ٢٤٢، ٢٤١، ٢٤٠، ٢٣٩، ٢٣٨، ٢٣٧، ٢٣٦، ٢٣٥، ٢٣٤، ٢٣٣، ٢٣٢، ٢٣١، ٢٣٠، ٢٢٩، ٢٢٨، ٢٢٧، ٢٢٦، ٢٢٥، ٢٢٤، ٢٢٣، ٢٢٢، ٢٢١، ٢٢٠، ٢١٩، ٢١٨، ٢١٧، ٢١٦، ٢١٥، ٢١٤، ٢١٣، ٢١٢، ٢١١، ٢١٠، ٢٠٩، ٢٠٨، ٢٠٧، ٢٠٦، ٢٠٥، ٢٠٤، ٢٠٣، ٢٠٢، ٢٠١، ٢٠٠، ١٩٩، ١٩٨، ١٩٧، ١٩٦، ١٩٥، ١٩٤، ١٩٣، ١٩٢، ١٩١، ١٩٠، ١٨٩، ١٨٨، ١٨٧، ١٨٦، ١٨٥، ١٨٤، ١٨٣، ١٨٢، ١٨١، ١٨٠، ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧، ١٧٦، ١٧٥، ١٧٤، ١٧٣، ١٧٢، ١٧١، ١٧٠، ١٦٩، ١٦٨، ١٦٧، ١٦٦، ١٦٥، ١٦٤، ١٦٣، ١٦٢، ١٦١، ١٦٠، ١٥٩، ١٥٨، ١٥٧، ١٥٦، ١٥٥، ١٥٤، ١٥٣، ١٥٢، ١٥١، ١٥٠، ١٤٩، ١٤٨، ١٤٧، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٤، ١٤٣، ١٤٢، ١٤١، ١٤٠، ١٣٩، ١٣٨، ١٣٧، ١٣٦، ١٣٥، ١٣٤، ١٣٣، ١٣٢، ١٣١، ١٣٠، ١٢٩، ١٢٨، ١٢٧، ١٢٦، ١٢٥، ١٢٤، ١٢٣، ١٢٢، ١٢١، ١٢٠، ١١٩، ١١٨، ١١٧، ١١٦، ١١٥، ١١٤، ١١٣، ١١٢، ١١١، ١١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١، ٠	geomorphology (ح) chordata limestone pumice sandstone Old Red Sandstone gastroliths constructive boundaries conservative boundaries destructive boundaries iron ploughing Epirogenic movements mass movements Orogenic movements crustal movements Armorican orogeny Caledonian orogeny	جيومورفولوجيا حلييات حجر جيرى حجر خفاف (نشف) حجر رملى حجر رملى أحمر قديم حجر معلى حدود بنائية حدود محافظة حدود هدامة حديد حرث حركات إيروجينية حركات الكتلة حركات أوروجينية حركات قشرية حركة أرموريكية حركة كاليدونية

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
٢١٠، ٢٠٩، ٢٠٨، ٢٠٧	dunes	كبان
١٤٩، ١٤٨، ١٤٧، ١٣٢	carbonation	كربنة
٢٧٠، ٢٠٢، ١٥٧، ٢٣٨، ٢١٩، ٢٠٣، ١٨١، ١٠٠، ٨٩، ٤٤، ٢٨	carbon	كربون
٨١	chromium	كروم
٨٢، ٢٢، ٢٨	chrysotile	كريزوتيل
١٢٠، ٨٢	chlorite	كلوريت
٢٢٧، ٢٠٨، ٢٠١، ١٤٤، ١٤٢، ١٤١، ١٤١، ١٢٠، ٨٠، ٨٩	caverns (corries)	كهوف
٤٢٢، ٤١٢، ٤٠٨، ٢٣٨، ٢٢١، ٢١٦، ٢١٠		
١١٧، ٨٨، ٨٧	quartz	كوارتز
١٥٠، ١٢٢، ١٢١، ١٢٧، ١١٧، ٨٥	quartzite	كوارتزيت
٢٧٠، ٨٠	cobalt	كوبالت
٢٢٦	cotylosaurs	كوتيلسورات
٢٢٠	coleoidea	كوليئات
٢٢٢، ١٢٢، ١١٧، ١١٤	conglomerate	كونجلوميرات
٢٤٤	conodonts	كونودونتات
٢٢٦	cuesta	كويستا
٢٢٩، ٢٢٨	asteroids	كويكبات
٢٢٥	cystoiden	كيسبات
١٤٧، ١٤٥، ١٢٢، ٨٢	chemical	كيميائي
(J)		
٤٢٢، ٢٢٢، ٢٢٠، ١١٢، ١٠٦، ١٠٥، ٤٢	lava	لابة
٢٢٢، ٢٢٢، ٢٢٢، ٢٢٢، ٢٢١	unconformity	لاتوافق
٢٢٢	agatha	لانكيات
٢٢٤، ٨٥	laccoliths	لاكوليثات
٢٢٩	spits	لسان برى
٤٠٦، ٢٢٢، ٢٢٢، ٢٢٢، ٢٢٠، ٢٢٢، ٢٠٨	carnivores	لواحم (أكلات اللحم)
٤٤٥	amygdale	لوزى
٢٢٦	Lewisian	لويزي
٢٢٨	Lias	لياس

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
١٧٤ ، ١٧٣ ، ١٧١ ، ١٦٩ ، ١٦٧ ، ١٦٦ ، ١٦٥ ، ١٦٤ ، ١٦٣ ، ١٦٢ ، ١٦١ ، ١٦٠ ، ١٥٩ ، ١٥٨ ، ١٥٧ ، ١٥٦ ، ١٥٥ ، ١٥٤ ، ١٥٣ ، ١٥٢ ، ١٥١ ، ١٥٠ ، ١٤٩ ، ١٤٨ ، ١٤٧ ، ١٤٦ ، ١٤٥ ، ١٤٤ ، ١٤٣ ، ١٤٢ ، ١٤١ ، ١٤٠ ، ١٣٩ ، ١٣٨ ، ١٣٧ ، ١٣٦ ، ١٣٥ ، ١٣٤ ، ١٣٣ ، ١٣٢ ، ١٣١ ، ١٣٠ ، ١٢٩ ، ١٢٨ ، ١٢٧ ، ١٢٦ ، ١٢٥ ، ١٢٤ ، ١٢٣ ، ١٢٢ ، ١٢١ ، ١٢٠ ، ١١٩ ، ١١٨ ، ١١٧ ، ١١٦ ، ١١٥ ، ١١٤ ، ١١٣ ، ١١٢ ، ١١١ ، ١١٠ ، ١٠٩ ، ١٠٨ ، ١٠٧ ، ١٠٦ ، ١٠٥ ، ١٠٤ ، ١٠٣ ، ١٠٢ ، ١٠١ ، ١٠٠ ، ٩٩ ، ٩٨ ، ٩٧ ، ٩٦ ، ٩٥ ، ٩٤ ، ٩٣ ، ٩٢ ، ٩١ ، ٩٠ ، ٨٩ ، ٨٨ ، ٨٧ ، ٨٦ ، ٨٥ ، ٨٤ ، ٨٣ ، ٨٢ ، ٨١ ، ٨٠ ، ٧٩ ، ٧٨ ، ٧٧ ، ٧٦ ، ٧٥ ، ٧٤ ، ٧٣ ، ٧٢ ، ٧١ ، ٧٠ ، ٦٩ ، ٦٨ ، ٦٧ ، ٦٦ ، ٦٥ ، ٦٤ ، ٦٣ ، ٦٢ ، ٦١ ، ٦٠ ، ٥٩ ، ٥٨ ، ٥٧ ، ٥٦ ، ٥٥ ، ٥٤ ، ٥٣ ، ٥٢ ، ٥١ ، ٥٠ ، ٤٩ ، ٤٨ ، ٤٧ ، ٤٦ ، ٤٥ ، ٤٤ ، ٤٣ ، ٤٢ ، ٤١ ، ٤٠ ، ٣٩ ، ٣٨ ، ٣٧ ، ٣٦ ، ٣٥ ، ٣٤ ، ٣٣ ، ٣٢ ، ٣١ ، ٣٠ ، ٢٩ ، ٢٨ ، ٢٧ ، ٢٦ ، ٢٥ ، ٢٤ ، ٢٣ ، ٢٢ ، ٢١ ، ٢٠ ، ١٩ ، ١٨ ، ١٧ ، ١٦ ، ١٥ ، ١٤ ، ١٣ ، ١٢ ، ١١ ، ١٠ ، ٩ ، ٨ ، ٧ ، ٦ ، ٥ ، ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١ ، ٠	bogs (swamps)	مستنقعات
٣٩٨	brachiopoda	مسرجاتيات
١٧	muscovite	مكوفيت
١٠٨	sources	مصادر
٣٤٢ ، ٣٠٩ ، ٢٩١	correlation	مضاهاة
١٤٠ ، ١٣٦	strike	مضرب
١٣٥	col	مضيق بين قمتين
١٨٨ ، ١٨٧ ، ١٨٦ ، ١٨٥ ، ١٨٤ ، ١٨٣ ، ١٨٢ ، ١٨١ ، ١٨٠ ، ١٧٩ ، ١٧٨ ، ١٧٧ ، ١٧٦ ، ١٧٥ ، ١٧٤ ، ١٧٣ ، ١٧٢ ، ١٧١ ، ١٧٠ ، ١٦٩ ، ١٦٨ ، ١٦٧ ، ١٦٦ ، ١٦٥ ، ١٦٤ ، ١٦٣ ، ١٦٢ ، ١٦١ ، ١٦٠ ، ١٥٩ ، ١٥٨ ، ١٥٧ ، ١٥٦ ، ١٥٥ ، ١٥٤ ، ١٥٣ ، ١٥٢ ، ١٥١ ، ١٥٠ ، ١٤٩ ، ١٤٨ ، ١٤٧ ، ١٤٦ ، ١٤٥ ، ١٤٤ ، ١٤٣ ، ١٤٢ ، ١٤١ ، ١٤٠ ، ١٣٩ ، ١٣٨ ، ١٣٧ ، ١٣٦ ، ١٣٥ ، ١٣٤ ، ١٣٣ ، ١٣٢ ، ١٣١ ، ١٣٠ ، ١٢٩ ، ١٢٨ ، ١٢٧ ، ١٢٦ ، ١٢٥ ، ١٢٤ ، ١٢٣ ، ١٢٢ ، ١٢١ ، ١٢٠ ، ١١٩ ، ١١٨ ، ١١٧ ، ١١٦ ، ١١٥ ، ١١٤ ، ١١٣ ، ١١٢ ، ١١١ ، ١١٠ ، ١٠٩ ، ١٠٨ ، ١٠٧ ، ١٠٦ ، ١٠٥ ، ١٠٤ ، ١٠٣ ، ١٠٢ ، ١٠١ ، ١٠٠ ، ٩٩ ، ٩٨ ، ٩٧ ، ٩٦ ، ٩٥ ، ٩٤ ، ٩٣ ، ٩٢ ، ٩١ ، ٩٠ ، ٨٩ ، ٨٨ ، ٨٧ ، ٨٦ ، ٨٥ ، ٨٤ ، ٨٣ ، ٨٢ ، ٨١ ، ٨٠ ، ٧٩ ، ٧٨ ، ٧٧ ، ٧٦ ، ٧٥ ، ٧٤ ، ٧٣ ، ٧٢ ، ٧١ ، ٧٠ ، ٦٩ ، ٦٨ ، ٦٧ ، ٦٦ ، ٦٥ ، ٦٤ ، ٦٣ ، ٦٢ ، ٦١ ، ٦٠ ، ٥٩ ، ٥٨ ، ٥٧ ، ٥٦ ، ٥٥ ، ٥٤ ، ٥٣ ، ٥٢ ، ٥١ ، ٥٠ ، ٤٩ ، ٤٨ ، ٤٧ ، ٤٦ ، ٤٥ ، ٤٤ ، ٤٣ ، ٤٢ ، ٤١ ، ٤٠ ، ٣٩ ، ٣٨ ، ٣٧ ، ٣٦ ، ٣٥ ، ٣٤ ، ٣٣ ، ٣٢ ، ٣١ ، ٣٠ ، ٢٩ ، ٢٨ ، ٢٧ ، ٢٦ ، ٢٥ ، ٢٤ ، ٢٣ ، ٢٢ ، ٢١ ، ٢٠ ، ١٩ ، ١٨ ، ١٧ ، ١٦ ، ١٥ ، ١٤ ، ١٣ ، ١٢ ، ١١ ، ١٠ ، ٩ ، ٨ ، ٧ ، ٦ ، ٥ ، ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١ ، ٠	minerals	معادن
١١٧	sea caves	مفارات البحر
١٢١ ، ١٢٠ ، ١١٩ ، ١١٨ ، ١١٧ ، ١١٦ ، ١١٥ ، ١١٤ ، ١١٣ ، ١١٢ ، ١١١ ، ١١٠ ، ١٠٩ ، ١٠٨ ، ١٠٧ ، ١٠٦ ، ١٠٥ ، ١٠٤ ، ١٠٣ ، ١٠٢ ، ١٠١ ، ١٠٠ ، ٩٩ ، ٩٨ ، ٩٧ ، ٩٦ ، ٩٥ ، ٩٤ ، ٩٣ ، ٩٢ ، ٩١ ، ٩٠ ، ٨٩ ، ٨٨ ، ٨٧ ، ٨٦ ، ٨٥ ، ٨٤ ، ٨٣ ، ٨٢ ، ٨١ ، ٨٠ ، ٧٩ ، ٧٨ ، ٧٧ ، ٧٦ ، ٧٥ ، ٧٤ ، ٧٣ ، ٧٢ ، ٧١ ، ٧٠ ، ٦٩ ، ٦٨ ، ٦٧ ، ٦٦ ، ٦٥ ، ٦٤ ، ٦٣ ، ٦٢ ، ٦١ ، ٦٠ ، ٥٩ ، ٥٨ ، ٥٧ ، ٥٦ ، ٥٥ ، ٥٤ ، ٥٣ ، ٥٢ ، ٥١ ، ٥٠ ، ٤٩ ، ٤٨ ، ٤٧ ، ٤٦ ، ٤٥ ، ٤٤ ، ٤٣ ، ٤٢ ، ٤١ ، ٤٠ ، ٣٩ ، ٣٨ ، ٣٧ ، ٣٦ ، ٣٥ ، ٣٤ ، ٣٣ ، ٣٢ ، ٣١ ، ٣٠ ، ٢٩ ، ٢٨ ، ٢٧ ، ٢٦ ، ٢٥ ، ٢٤ ، ٢٣ ، ٢٢ ، ٢١ ، ٢٠ ، ١٩ ، ١٨ ، ١٧ ، ١٦ ، ١٥ ، ١٤ ، ١٣ ، ١٢ ، ١١ ، ١٠ ، ٩ ، ٨ ، ٧ ، ٦ ، ٥ ، ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١ ، ٠	magnesium	مغنسيوم
١٢٠ ، ١١٩	magnetism	منطيسية
١٣٧	joint	مفصل
١٠٢ ، ١٠١ ، ١٠٠ ، ٩٩ ، ٩٨ ، ٩٧ ، ٩٦ ، ٩٥ ، ٩٤ ، ٩٣ ، ٩٢ ، ٩١ ، ٩٠ ، ٨٩ ، ٨٨ ، ٨٧ ، ٨٦ ، ٨٥ ، ٨٤ ، ٨٣ ، ٨٢ ، ٨١ ، ٨٠ ، ٧٩ ، ٧٨ ، ٧٧ ، ٧٦ ، ٧٥ ، ٧٤ ، ٧٣ ، ٧٢ ، ٧١ ، ٧٠ ، ٦٩ ، ٦٨ ، ٦٧ ، ٦٦ ، ٦٥ ، ٦٤ ، ٦٣ ، ٦٢ ، ٦١ ، ٦٠ ، ٥٩ ، ٥٨ ، ٥٧ ، ٥٦ ، ٥٥ ، ٥٤ ، ٥٣ ، ٥٢ ، ٥١ ، ٥٠ ، ٤٩ ، ٤٨ ، ٤٧ ، ٤٦ ، ٤٥ ، ٤٤ ، ٤٣ ، ٤٢ ، ٤١ ، ٤٠ ، ٣٩ ، ٣٨ ، ٣٧ ، ٣٦ ، ٣٥ ، ٣٤ ، ٣٣ ، ٣٢ ، ٣١ ، ٣٠ ، ٢٩ ، ٢٨ ، ٢٧ ، ٢٦ ، ٢٥ ، ٢٤ ، ٢٣ ، ٢٢ ، ٢١ ، ٢٠ ، ١٩ ، ١٨ ، ١٧ ، ١٦ ، ١٥ ، ١٤ ، ١٣ ، ١٢ ، ١١ ، ١٠ ، ٩ ، ٨ ، ٧ ، ٦ ، ٥ ، ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١ ، ٠	arthropoda	مفصليات
١٥٧	Richter's scale	مقياس ريختر
٥٤ ، ٥٣ ، ٥٢	Mohs scale of hardness	مقياس موهس للصلابة
٣٥١	modified Mercalli scale	مقياس ميركالي المعدل
٣٥١	Wood-Neumann scale	مقياس وود نيومان
٣٦٠ ، ٣٥٠	blow-outs (outwash)	مكسحات
٣٣٩	hade	مكملة زاوية الميل
٣٦١	aquifer	مكن (مائي)

رقم الصفحة	المصطلح	
	باللغة الإنجليزية	باللغة العربية
٦٨	hornblende	هورنبلند
٧٦	hematite	هيماتيت
	(و)	
٤١٧، ٢٢٨، ١٤٠	rift valley	وادي خسفي
٢٩٥، ٢٩٠	uniformitarianism	ونيرة واحدة
٢٨٦، ٢٠٥	ventifacts	وجهر يحيات
٢٥٨، ٢٥٧	mantle	وشاح
٢٢٢، ٢٢٧، ٢٢٨، ٢٢٢	fuel	وقود
	(ي)	
١٨٢، ١٨١، ١٨٠، ١٧٩، ١٠٩	springs	يتابع
٢٨١، ٢٨٠	uranium	يورانيوم

فهرس Index
لمصطلحات الجيولوجيا (باللغة الإنجليزية)

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
- A -		
abrasion	سحج	٢٢٥، ٢٠٥، ٢٠٤، ١٩٦، ١٩٣، ١٦٨، ١٦١
abrasives	مواد ساحبة	١٣٠
actinolite	أكتينوليت	٨٣، ٦٨
aggradation	بناء	١٦١، ١١٦، ٩٩، ٨٨، ٨٧، ٨٣، ٨٢، ٧٠، ٦٩، ٦٦، ٥٦، ٤٧، ٤٦
		٢٢٢، ٢٢١، ١٣٢
agnatha	لافكيات	٢٤٢
albite	ألبيت	٦٥، ٦٢، ٤٩
alligator	تمساح أميركا	٣٤٨
alluvial formations	تكوين طمية	١٦٨
alluvium	طمي	٢٦٠، ٢٤١، ٢٣٠
Alpine Orogeny	حركة ألبية	٤٠٠
aluminium	الومنيوم	٢٢١، ٢٧٠، ٢٥٧، ٢٦٨، ٩٣، ٨٣، ٧٢، ٦٧، ٦٤، ٤٥
amber	صبر (كهرمان)	٣٠١
ammonoidea	أمونيات	٢٢٠، ٢٦٩، ٢٦٨، ٢٢٧
amorphous	عديم البلور	٢٢
amphibia	برمائيات	٢٢٢، ٢٢١، ٢٢٥، ٢٢٤، ٢٢٣، ٢٢٢، ٢٢١، ٢٢٠، ٢١٩، ٢١٨، ٢١٧، ٢١٦، ٢١٥، ٢١٤، ٢١٣، ٢١٢، ٢١١، ٢١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١
amphiboles	أمفبولات	٦٩، ٦٨
amygdale	لوزي	٤٤٥
anhydrite	أنهيدريت	١٤٨، ١٢١، ٨٣، ٧٢، ٧١
annelida	ديدان حلقة	٢٢١، ٢١٩
anthozoa	زهريات	٣١٧
anthropoidea	شبه الإنسان	٤١٠
anticlines	حناجر محدبة	٢٦٩، ٢٦٢

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
quartzite	كوارتزيت	١١٧، ١١٧، ١٣٧، ١٣٧، ١٣٧، ١٣٧
Quaternary Period	دور الرباعي	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
- R -		
rejuvenation	استعادة الشباب - الصلي	١٣٧، ١٣٧
replacement	إحلال	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
reptilia	زواحف	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
Rhaetic	رايتي	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
Richter's scale	مقياس ريختر	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
riebeckite	ريبكيكيت	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
rift valley	وادي خسفي	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
rip currents	تيارات قطع	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
ripple marks	علامات نيم	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥
rocks	صخور	١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥، ١٣٥

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
solution	محلول ذوبان	١٦١، ١٤٩، ١٤٨، ١٤٧
sources	مصادر	١٠٨
specific gravity	كثافة نوعية	٥٩
sphalerite	سفاليريت	٣٩، ٥٦
spits	لسان برى	٢٢٩
sponges	إسفنجيات	٢٨٠، ٢٧٤، ٢٦٦، ٢٦٥
springs	ينابيع	١٨٢، ١٨١، ١٨٠، ١٧٩، ١٠٩
stalactites	هوابط	١٨٤، ١٤٩، ١٢٠
stalagmites	صواعد	١٨٤، ١٤٩، ١٢٠
stelleroidea	خيار البحر	٢٣٧
stocks	جنوع	٩٢
stratification	تطبق	٢١٠، ١٢٦، ١٢٢، ١٢٨، ٢٢٥، ١٢٢
stratigraphy	استراتيجرافيا (علم الطبقات)	٢١٤
streak	حكاكة	٥٥
streams (rivers)	أنهار	١٢٦، ١٢٤، ١٢٢، ١٢٢، ١٢١، ١٢٠، ١٥٩، ١٥٨، ١٥٧، ١٤٩، ١٨٧، ١٥٥، ١٥٤، ١٥٣، ١٥٢، ١٥١، ١٥٠، ١٤٩، ١٤٨، ١٤٧، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٤، ١٤٣، ١٤٢، ١٤١، ١٤٠، ١٣٩، ١٣٨، ١٣٧، ١٣٦، ١٣٥، ١٣٤، ١٣٣، ١٣٢، ١٣١، ١٣٠، ١٢٩، ١٢٨، ١٢٧، ١٢٦، ١٢٥، ١٢٤، ١٢٣، ١٢٢، ١٢١، ١٢٠، ١١٩، ١١٨، ١١٧، ١١٦، ١١٥، ١١٤، ١١٣، ١١٢، ١١١، ١١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١
strike	مضرب	١٤٠، ١٣٦
subsidence hypothesis	فرضية الهبوط	٢٢٥
sulphur	كبريت	٢٧٢، ٢٦٨، ٢٤٤، ٢٢٢، ٢٠٠، ١٠٠، ٩٠، ٨٠، ٧٠، ٦٠، ٥٠، ٤٠، ٣٠، ٢٠، ١٠، ٠
syenite	سينيت	٢٧١، ٢٦٩، ٢٦٨، ٢٦٧، ٢٦٦، ٢٦٥، ٢٦٤، ٢٦٣، ٢٦٢، ٢٦١، ٢٦٠، ٢٥٩، ٢٥٨، ٢٥٧، ٢٥٦، ٢٥٥، ٢٥٤، ٢٥٣، ٢٥٢، ٢٥١، ٢٥٠، ٢٤٩، ٢٤٨، ٢٤٧، ٢٤٦، ٢٤٥، ٢٤٤، ٢٤٣، ٢٤٢، ٢٤١، ٢٤٠، ٢٣٩، ٢٣٨، ٢٣٧، ٢٣٦، ٢٣٥، ٢٣٤، ٢٣٣، ٢٣٢، ٢٣١، ٢٣٠، ٢٢٩، ٢٢٨، ٢٢٧، ٢٢٦، ٢٢٥، ٢٢٤، ٢٢٣، ٢٢٢، ٢٢١، ٢٢٠، ٢١٩، ٢١٨، ٢١٧، ٢١٦، ٢١٥، ٢١٤، ٢١٣، ٢١٢، ٢١١، ٢١٠، ٢٠٩، ٢٠٨، ٢٠٧، ٢٠٦، ٢٠٥، ٢٠٤، ٢٠٣، ٢٠٢، ٢٠١، ٢٠٠، ١٩٩، ١٩٨، ١٩٧، ١٩٦، ١٩٥، ١٩٤، ١٩٣، ١٩٢، ١٩١، ١٩٠، ١٨٩، ١٨٨، ١٨٧، ١٨٦، ١٨٥، ١٨٤، ١٨٣، ١٨٢، ١٨١، ١٨٠، ١٧٩، ١٧٨، ١٧٧، ١٧٦، ١٧٥، ١٧٤، ١٧٣، ١٧٢، ١٧١، ١٧٠، ١٦٩، ١٦٨، ١٦٧، ١٦٦، ١٦٥، ١٦٤، ١٦٣، ١٦٢، ١٦١، ١٦٠، ١٥٩، ١٥٨، ١٥٧، ١٥٦، ١٥٥، ١٥٤، ١٥٣، ١٥٢، ١٥١، ١٥٠، ١٤٩، ١٤٨، ١٤٧، ١٤٦، ١٤٥، ١٤٤، ١٤٣، ١٤٢، ١٤١، ١٤٠، ١٣٩، ١٣٨، ١٣٧، ١٣٦، ١٣٥، ١٣٤، ١٣٣، ١٣٢، ١٣١، ١٣٠، ١٢٩، ١٢٨، ١٢٧، ١٢٦، ١٢٥، ١٢٤، ١٢٣، ١٢٢، ١٢١، ١٢٠، ١١٩، ١١٨، ١١٧، ١١٦، ١١٥، ١١٤، ١١٣، ١١٢، ١١١، ١١٠، ١٠٩، ١٠٨، ١٠٧، ١٠٦، ١٠٥، ١٠٤، ١٠٣، ١٠٢، ١٠١، ١٠٠، ٩٩، ٩٨، ٩٧، ٩٦، ٩٥، ٩٤، ٩٣، ٩٢، ٩١، ٩٠، ٨٩، ٨٨، ٨٧، ٨٦، ٨٥، ٨٤، ٨٣، ٨٢، ٨١، ٨٠، ٧٩، ٧٨، ٧٧، ٧٦، ٧٥، ٧٤، ٧٣، ٧٢، ٧١، ٧٠، ٦٩، ٦٨، ٦٧، ٦٦، ٦٥، ٦٤، ٦٣، ٦٢، ٦١، ٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤، ٥٣، ٥٢، ٥١، ٥٠، ٤٩، ٤٨، ٤٧، ٤٦، ٤٥، ٤٤، ٤٣، ٤٢، ٤١، ٤٠، ٣٩، ٣٨، ٣٧، ٣٦، ٣٥، ٣٤، ٣٣، ٣٢، ٣١، ٣٠، ٢٩، ٢٨، ٢٧، ٢٦، ٢٥، ٢٤، ٢٣، ٢٢، ٢١، ٢٠، ١٩، ١٨، ١٧، ١٦، ١٥، ١٤، ١٣، ١٢، ١١، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١
syncline	طية مقعرة	١٥٠
- T -		
talus	ركام السفوح	١٥٢، ١٥١
turn	بحيرة جبلية	٢٢٩، ١٥٢
tectonism	تكتونية (نكتة)	١٧١، ١٤١، ١٢٤، ١٢٢

المصطلح		رقم الصفحة
باللغة الإنجليزية	باللغة العربية	
- Y -		
Yoredale facies	سحنة يوردال	٧٨٧
- Z -		
zinc	زنك	٧٧٢ ، ٧٧٠ ، ٨٩١ ، ٨٧٧
zircon	زيركون	٥٠ ، ٤٧

المراجع

REFERENCES

مراجع الكتاب ومراجع أخرى للمزيد من الاطلاع

١- مقلّمات Introductory Texts

- Age, D. V., **Introducing Geology**. Faber & Faber: London, 1961.
- Bradshaw, M. J., **A New Geology**. English Universities Press: London 1968.
- Cox, Barry, **Prehistoric Animals**. Paul Hamlyn: London, 1969.
- Day, Michael, **Fossil Man**. Paul Hamlyn: London, 1969 .
- Evans, I. O., **The Observer's Book of Geology**. Frederick Wame: London, 1957 .
- Haywood, Helen, **The Days of the Dinosaurs**. Odhams Books: London , 1964.
- Matthews, W. H., **Exploring the World of Fossils**. Children's Press: Chicago, 1964.
- Read, H. H., and Watson, J., **Beginning Geology** . Alien & Unwin: London, 1966.
- Rhodes, H. T., Zim, H. S., and Shaffer, P. R., **Fossils**. Paul Hamlyn : London, 1965.
- Trent, C., **Exploring the Rocks**. Phoenix House: London, 1957.
- Zim, H. S., and Shaffer, P. R., **Rocks and Minerals**. Paul Hamlyn: London , 1965.

GENERAL REFERENCES ٢-مراجع عامة

- Adam, F. O. , **The Birth and Development of the Geological Sciences.**
Constable: London, 1954.
- Adams, W. M., **Earthquakes.** Heath: London, 1964.
- Bennison, G. M. , and Wright , A. E. , **The Geological History of the British Isles.** Edward Arnold: London, 1969.
- Carrington, R., **A Guide to Earth History.** Chatto & Windus: London , 1956.
- Fletcher, O. L., and Wolfe, C.W., **Earth Science.** Heath: London , 1959.
- Gass, I. G., et al., **Understanding the Earth .**Artemis Press (Open University textbook): Horsham, 1972.
- Himus, G. W., and Sweeting, G. S., **The Elements of Field Geology.**
University Tutorial Press: London, 1965.
- Holmes, A., **Principles of Physical Geology.** Nelson: London, 1959.
- Johnson, G., **Earthquakes and Volcanoes.** Lindsey Drummond: London , 1938.
- Kirkaldy, J. F., **General Principles of Geology.** Hutchinson: London, 1958.
- Kummel, B., **History of the Earth.** Freeman (British Regional Geology Handbooks, HMSO): London, 1970.
- Miller, T. G., **Geology and Scenery in Britain.** Batsford: London, . 1953.

Stamp, L. Dudley, Britain's Structure and Scenery. Cousins (New Naturalist Series and Fontana Books) : London, 1962 .

Tank, R. W., Focus on Environmental Geology. Oxford University Press: Oxford and London, 1973.

Tarzieff, H., Volcanoes. Prentice-Hall: London, 1962.

Trueman, A. E., Geology and Scenery in England and Wales. Penguin Books: Harmondsworth, Middlesex, 1963.

Wells, A. K., Outline of Historical Geology. Thomas Murby: London , 1960.

Complete Atlas of the British Isles. Readers' Digest: London, 1965.

The Earth. Time-Life International: New York, 1964.

٢-مراجع في علم الفرائط Mapping

Bradshaw, M. J., and Jarman, E. A., Geological Map Exercises. English Universities Press: London, 1969.

Bradshaw, M. J., and Jarman, B. A., Reading Geological Maps. English Universities Press: London, 1969.

٤-مراجع في علم المعادن Mineralogy

Cox, K. G., Price, B. N_ and Harte, B., Crystals, Minerals and Rocks. McOraw-Hill: New York, 1969.

Kerr, P. F., Optical Mineralogy. McGraw-Hill: London, 1959.

Rutley, P., and Read, H. H., Elements of Mineralogy, 24th edn. Thomas. Murby: London, 1960.

Smith, H. G., and Wells, M. K., Minerals and the Microscope. Thomas Murby: London, 1957.

٥-مراجع في علم الحفريات Palaeontology

- Andrew, R. C., **All About Dinosaurs**. W. H. Allen: London, 1959.
- Beerbower, J. R., **Search for the Past**. Prentice-Hall: New York, 1960.
- Black, R. M., **The Elements of Palaeontology**. Cambridge University Press: London, 1970.
- Casanova, R., **Fossil Collecting**, Faber & Faber: London, 1960.
- Eastern, W. H., **invertebrate Palaeontology**. Harper Brothers: New York, 1960.
- Davies, A. M., **An Introduction to Palaeontology**. Thomas Murby: London, 1961.
- Matthews, W. H., **Wonders of the Dinosaur World**. Dodd, Mead: New York, 1963.
- Rhodes, F. H. T., **The Evolution of Life**, Penguin Books: Harmondsworth, Middlesex, 1963.
- Swinerton, H. H. **Fossils**. Collins: London, 1960.
- Woods, H., **Palaeontology**. Cambridge University Press: London, 1963.

٦-مراجع في علم الصخور Petrology

Harker, A., Petrology for Students. Cambridge University Press: London, 1960.

Hatch, F. H., and Rastall, R. H., The Petrology of the Sedimentary Rocks. Alien & Unwin: London, 1965.

Hatch, F. H., Wells, A. K., and Wells, M. K., The Petrology of the igneous Rocks. Thomas Murby: London, 1961.

٧-مراجع في الألواح التكتونية Tectonic Plates

Calder, N., Restless Earth. BBC: London, 1972.

Runcom, S. K., and Taring, D. H., and others. Continental Drift, Sea Floor Spreading and Plate Tectonics: Implications to the Earth Sciences. Academic Press: London, 1962.

Taring, D. H. and M. P., Continental Drift. Penguin Books: Haimonds-worth, 1973.

Various, Continents Adrift. W. H. Freeman: Reading, 1972.

Various, Understanding the Earth. Open University Press, 1972.

Vinc, F. J., and Hess, H. H., Sea-Floor Spreading in 'The Sea' (Vol4). Wiley Interascience: New York, 1970.

Allied Subjects - ٨ موضوعات مرتبطة بالجيولوجيا

Barrass, R., Modern Biology Made Simple. Heinemann: London, 1982.

Bryant, R. H., Physical Geography Made Simple. Heinemann: London, 1982.

Hess, F. C., and Holden, J. B., Chemistry Made Simple. Heinemann: London, 1982.

Lewis, J., Anthropology Made Simple. Heinemann: London, 1982.

Skinner, B. J., Earth Resources. Prentice-Hall: New Jersey, 1970.

٩- كتب أصلها المتحف البريطاني

Handbooks published by the British Museum, London

Brothwell, D. R., Digging up Bones.

Cole, Sonia, The Neolithic Revolution.

Le Gros-Clark, Sir W., Fossil Amphibians and Reptiles (1962).

Oakley, K. P., Man the Toolmaker.

Oakley, K. P., and Muir-Wood, Helen, The Succession of Life through Geological Time (1962).

Swinton, W. E., Dinosaurs (1962).

Swinton, W. E., Fossil Amphibians and Reptiles (1962).

Swinton, W. E., Fossil Birds (1950).

British Cenozoic Fossils (1963).

British Mesozoic Fossils (1962).

British Palaeozoic Fossils (1963)

١٠- كتب إقليمية أصدرتها مكتبة جلالة الملكة

Regional Handbooks published by Her Majesty's Stationery Office, London

Northern England (1953).

London and Thames Valley (1961).

Central England District (1947).

East Yorkshire and Lincolnshire (1948).

The Wealden District (1954).

The Welsh Borderland (1956).

South-West England (1948).

Hampshire Basin and Adjoining Areas (1961).

East Anglia and Adjoining Areas (1962).

South Wales (1948).

North Wales (1960).

The Pennines and Adjacent Areas (1945).

Bristol and Gloucester District (1948).

Grampian Highlands (1948).

Northern Highlands (1960).

South of Scotland (1948).

Midland Valley of Scotland (1948).

Tertiary Volcanic Districts (1960).

صدر من سلسلة المراجع الأساسية :

- (١) البصريات. أ.د. أحمد فؤاد باشا
- (٢) مبادئ الكيمياء العملية التحليلية والمعضوية أ.د. شريف أحمد خيرى
- وغير العضوية. أ.د. السيد على حسن
- (٣) أسس الكيمياء العضوية الأروماتية. أ.د. أحمد مدحت إسلام
- (٤) أسس الكيمياء العضوية الأليفاتية. أ.د. أحمد مدحت إسلام
- (٥) فيزياء الجوامد. أ.د. محمد أمين سليمان
- أ.د. أحمد فؤاد باشا
- أ.د. شريف أحمد خيرى
- (٦) أسس الكيمياء الفيزيائية. أ.د. أحمد مدحت إسلام
- (طبعة جليدية مزينة ومتقنة) أ.د. مصطفى عمارة
- (٧) أسس الكيمياء العامة وغير العضوية. أ.د. أحمد مدحت إسلام
- أ.د. مصطفى عمارة
- (٨) علم الفلك العام. أ.د. مرفت السيد عوض
- أ.د. مصطفى كمال محمود
- (٩) أسس علم الميكانيكا. أ.د. عبد الشافي فهمى عبادة
- (طبعة جليدية مزينة ومتقنة) أ.د. على محمد أبو ستة
- أ.د. أحمد بدر الدين خليل
- أ.د. عبدالرحمن السمان
- (١٠) العلوم الجوية وتطبيقاتها «التنمية باستخدام الأرصاد الجوية». أ.د. محمد الشهاوى
- (١١) علم البيئة العام والتنوع البيولوجى. أ.د. على المرسى
- أ.د. محمد محمد الشاذلى
- (١٢) أساسيات علم النبات العام: الشكل الظاهرى والتركيب التشريحي - تقسيم المملكة النباتية وظائف أعضائها. أ.د. الإمام عبد قية
- أ.د. محمود جبر
- أ.د. إسماعيل كامل
- أ.د. عفت فهمى شبانة
- (١٣) أسس علم الرياضيات [التفاضل والتكامل]. أ.د. حسن مصطفى العوضى
- أ.د. عبد الشافي فهمى عبادة
- أ.د. محمد طلعت عبد الناصر

- (١٤) الفيزياء النووية. أ.د. أحمد السعيد النافى.
- (١٥) الفيزياء الحيوية. أ.د. محمد نبيل يس البكرى
أ.د. أحمد فؤاد باشا
أ.د. فوزى حامد عبد القادر
أ.د. السيد عوض جعفر
أ.د. شريف أحمد خيرى
أ.د. حسن حسين حسن
أ.د. عبد الحكيم طه قنديل
أ.د. محمد نبيل ياسين البكرى
أ.د. خالد على كمامى
أ.د. عبد الحكيم طه قنديل
أ.د. عبد الرحيم توفيق النافى
أ.د. سمير عبد الرازق الشويكى
أ.د. محمد إسماعيل، أ.د. منى
شرقاوى على، أ.د. تغريد عبد
الرحمن حسن، أ.د. حلمى بشاى،
أ.د. يحيى السيد العاصى
أ.د. أحمد فؤاد باشا
أ.د. فوزى حامد عبد القادر
أ.د. شريف أحمد خيرى
أ.د. محمد نبيل يس البكرى
أ.د. على على المرسى
أ.د. محمد الشاذلى
أ.د. أحمد مدحت إسلام
أ.د. مصطفى عمارة
أ.د. عبدالشافى فهمى عبادة
أ.د. حسن المومضى مصطفى
أ.د. محمد نبيل يس البكرى
أ.د. صلاح الدين نبيل يس البكرى
أ.د. نعيمة عبد القادر أحمد
أ.د. محمد أمين سليمان
أ.د. حافظ شمس الدين عبد الوهاب
- (١٦) أشباه الموصلات.
- (١٧) مبادئ الكيمياء النووية.
- (١٨) النسيجية وقوى الطبيعة.
- (١٩) كيمياء عناصر الوقود النووى.
- (٢٠) تقنيات القرن ٢١ لتحسين النباتات باستعمال زراعة الأنسجة.
- (٢١) أساسيات علم الحيوان.
- (٢٢) أساسيات العلوم الفيزيائية.
- (٢٣) أساسيات علم الحشرات.
- (٢٤) أسس الكيمياء التحليلية غير الآلية والآلية.
- (٢٥) الهندسة التحليلية المستوية والفراغية.
- (٢٦) ميكانيكا الكم.
- (٢٧) علم البلورات والأشعة السينية.
- (٢٨) الجيولوجيا الفيزيائية والتاريخية.



المفتشور
حافظ شمس الدين عبد الوهاب

أضحى أمر تعريب العلم والتعليم ضرورة من ضرورات النهضة العلمية والتقنية التي تنشدها أمتنا العربية والإسلامية لكي تستأنف مسيرتها الحضارية بلغة القرآن الكريم الذي حفظها قوة حية في النفوس على الرغم من الوهن الذي أصاب أهلها.

وجاء الفكر العربي - من جانبها - استشعرت خطورة تأخير هذا المشروع الحضاري الكبير، فسمعت جهادة إلى تحقيق الهدف النبيل، وشرعت في إصدار «سلسلة مراجع العلوم الأساسية» في مجالات الكيمياء والفيزياء والرياضيات والفلك والعلوم الحية والجيولوجيا وعلوم الحياة، بحيث تخاطب قارئ العلوم بصورة عامة، وطلاب المرحلتين الثانوية والجامعية على وجه الخصوص.

وقد عهدت وجار الفكر العربي بالمسئولية العلمية إلى هيئة استشارية تتولى التنظيم لإصدار هذه السلسلة، وإستكتاب أهل الخبرة والاختصاص من علماء الأمة ومفكرها، ومناقشة الأعمال المقدمة قبل صدورها.

هذه السلسلة

هذا الكتاب

يحتوي الكتاب على جزئين أساسيين يضمن بعض الفصول التي لم ترد في كتب للجيولوجيا باللغة العربية من قبل. الجزء الأول يشمل الجيولوجيا الفيزيائية بما تتضمنه من فصول عن وضع كوكب الأرض في الفضاء والمظاهر الفيزيائية على سطح الأرض والمعادن والصخور والعوامل الجيولوجية والمحيطات والبحيرات والزلازل والبراكين وعلاقة الجيولوجيا بالإنسان. أما الجزء الثاني فيعرض بأسلوب شائق الجيولوجيا التاريخية، ويشمل فصولاً عن أصل الأرض وعصرها وسجل الصخور والحفريات والحياة في العصور القديمة وتاريخ الأرض والتاريخ الجيولوجي للإنسان وتكونية الألواح والخرائط الجيولوجية. إضافة إلى ذلك، فالكتاب يضم ملحقات عن الصفات الفيزيائية للمعادن وطرق جمع العينات الجيولوجية من الحقل، كذلك يضم ممجماً لمصطلحات الجيولوجيا التي وردت في الكتاب، يشمل ٦٨٠ مصطلحاً باللغة الإنجليزية وما يقابلها باللغة العربية شرحاً وتوضيحاً.

هذا الكتاب يعد أساساً لدراسة الجيولوجيا لطلاب التعليم الجامعي وكذلك للجيولوجي المحترف أو المبتدئ ولهواة الثقافة العلمية المراقبة المبسطة، ويساعد على ذلك الأسلوب المبسط والرسوم التوضيحية والخرائط والجداول التلخيصية التي يعنى بها الكتاب.

I.S.B.N. 977-10-2053-6

